



**UNL**

Universidad  
Nacional  
de Loja

## Universidad Nacional de Loja

**Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables**

**Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente**

**Evaluación de almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de  
café de dos pisos altitudinales del cantón Olmedo, provincia de Loja**

Trabajo de Titulación previo a la obtención  
del título de Ingeniero en Manejo y  
Conservación del Medio Ambiente

**AUTOR:**

Christian Patricio Rojas Armijos

**DIRECTOR:**

Ing. Vinicio Alvarado Jaramillo, Mg.Sc

Loja – Ecuador

2023

Educamos para **Transformar**

## Certificación

Loja, 09 de septiembre de 2022

Ing. Erasmo Vinicio Alvarado Jaramillo, Mg. Sc  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **CERTIFICO:**

Que he revisado y orientado todo el proceso de la elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Evaluación de almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de café de dos pisos altitudinales del cantón Olmedo, provincia de Loja**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Manejo y Conservación del Medio Ambiente**, de la autoría del estudiante **Christian Patricio Rojas Armijos**, con cédula de ciudadanía Nro. **1105403511**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Firmado electrónicamente por:  
**ERASMO VINICIO  
ALVARADO JARAMILLO**

Ing. Erasmo Vinicio Alvarado Jaramillo, Mg. Sc  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **Autoría**

Yo, **Christian Patricio Rojas Armijos**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mí Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

**Firma:**



**Cédula de identidad:** 1105403511

**Fecha:** 18 de abril de 2023

**Correo electrónico:** christian.p.rojas@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0967820443

**Carta de autorización por parte del autor/a, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.**

Yo, **Christian Patricio Rojas Armijos**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Evaluación de almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de café de dos pisos altitudinales del cantón Olmedo, provincia de Loja**, como requisito para optar por el Título de **Ingeniero en Manejo y Conservación del Medio Ambiente**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los dieciocho días del mes de abril del dos mil veintitrés.

**Firma:** 

**Autor:** Christian Patricio Rojas Armijos

**Cédula de identidad:** 1105403511

**Dirección:** Olmedo, Barrio Reina del Cisne

**Correo electrónico:** christian.p.rojas@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0967820443

**DATOS COMPLEMENTARIOS**

**Director del Trabajo de Titulación:** Ing. Erasmo Vinicio Alvarado Jaramillo, Mg. Sc

## **Dedicatoria**

A Dios y a la Virgen del Cisne, por sus infinitas bendiciones y por estar conmigo en todo momento brindándome la sabiduría necesaria para vencer los obstáculos y no desfallecer.

A mis padres, Marcelo y Bertila por su apoyo incondicional, por sus sabios consejos y forjar en mí el deseo de superación, ustedes me han enseñado que el cielo no es el límite y que, si tropiezo debo levantarme con más ahínco.

A mis hermanos: Octavio, Gladys, Anita, Fabián y Paulina por la motivación constante, sus palabras de aliento y por ser el soporte para la consecución de este logro tan importante.

A mi compañera de vida, Janeth Cecilia por su amor incondicional siempre fuiste esa persona que nunca dejó de creer en mí a pesar de las dificultades.

A mi querido hijo Christian Damián, razón de mi esfuerzo constante por la que me inspiras a levantarme y a luchar cada día más.

A toda mi familia; tíos, primos sobrinos, cuñados y amigos por estar siempre pendientes de mí y ayudarme a concluir de forma exitosa este trabajo de investigación.

*Christian Patricio Rojas Armijos*

## **Agradecimiento**

A la Universidad Nacional de Loja por darme la oportunidad de estudiar en esta noble institución y abrirme las puertas del conocimiento. A su vez, a los docentes de la Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente quienes han contribuido durante los cinco años de carrera, en mi formación académica a través de valores, conocimientos técnicos y científicos.

Un eterno agradecimiento a mi director de tesis Ing. Vinicio Alvarado, por su apoyo constante, paciencia, compromiso y por brindarme las recomendaciones y sugerencias necesarias para concluir este trabajo de investigación.

Al laboratorio de suelos, aguas y bromatología de la Universidad Nacional de Loja por proporcionarme los materiales y equipos para el levantamiento de información en campo y análisis de las muestras en laboratorio. Así mismo, al personal técnico del Herbario “Reinaldo Espinosa” que, gracias a su conocimiento científico, contribuyeron a la identificación taxonómica de las especies botánicas.

Finalmente, mis más sinceros agradecimientos a los propietarios de las fincas; Sr. Sergio Carrión y Sr. Ángel Guevara por facilitarme sus terrenos para la ejecución de este proyecto de investigación.

*Christian Patricio Rojas Armijos*

## Índice de contenidos

<b>Portada</b> .....	<b>i</b>
<b>Certificación</b> .....	<b>ii</b>
<b>Autoría</b> .....	<b>iii</b>
<b>Carta de autorización</b> .....	<b>iv</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>v</b>
<b>Agradecimiento</b> .....	<b>vi</b>
<b>Índice de contenidos</b> .....	<b>vii</b>
Índice de tablas .....	ix
Índice de figuras .....	x
Índice de anexos .....	xi
<b>1. Título</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Resumen</b> .....	<b>2</b>
2.1 Abstract .....	3
<b>3. Introducción</b> .....	<b>4</b>
<b>4. Marco teórico</b> .....	<b>7</b>
4.1. El cambio climático global y la agroforestería.....	7
4.1.1. Cambio de uso de suelo .....	7
4.1.2. La deforestación .....	8
4.1.3. Ciclo de carbono.....	8
4.2. Almacenamiento de carbono .....	9
4.2.1. El carbono en biomasa arbórea viva.....	9
4.2.2. El carbono en necromasa.....	9
4.2.3. El carbono en el suelo.....	10
4.3. Los sistemas agroforestales como sumideros de carbono .....	10
4.4. Los sistemas agroforestales de Café.....	11
4.5. El efecto de la altitud en el almacenamiento de carbono .....	12
<b>5. Metodología</b> .....	<b>13</b>
5.1. Área de estudio.....	13
5.2. Metodología para determinar el carbono almacenado en la biomasa arbórea viva, necromasa y suelo en los sistemas agroforestales de café, en el piso altitudinal bajo (960- 1400) m.s.n.m y medio (1400-1800) m.s.n.m .....	14

5.2.1. Biomasa arbórea viva .....	15
5.2.2. Necromasa .....	18
5.2.3. Suelo .....	19
5.2.4. Carbono total almacenado .....	22
5.3. Metodología para establecer la relación del contenido de carbono almacenado en los componentes del sistema agroforestal con la altitud y diferencias en los dos pisos altitudinales .....	22
5.4. Análisis estadístico .....	23
<b>6. Resultados.....</b>	<b>24</b>
6.1. Carbono almacenado en la biomasa arbórea viva, necromasa y suelo en los sistemas agroforestales de café, en el piso altitudinal bajo (960-1400) m.s.n.m y piso altitudinal medio (1400-1800) m.s.n.m. ....	24
6.2. Relación del contenido de carbono almacenado en los componentes del sistema agroforestal con la altitud y diferencias en los dos pisos altitudinales.....	32
<b>7. Discusión .....</b>	<b>36</b>
<b>8. Conclusiones .....</b>	<b>41</b>
<b>9. Recomendaciones .....</b>	<b>42</b>
<b>10. Bibliografía .....</b>	<b>43</b>
<b>11. Anexos .....</b>	<b>57</b>



## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Variables cuantitativas y cualitativas de la investigación .....	15
<b>Tabla 2.</b> Variables Independientes y dependientes del estudio .....	22
<b>Tabla 3.</b> Criterios para la clasificación de los coeficientes de variación.....	23
<b>Tabla 4.</b> Grados de correlación lineal.....	23
<b>Tabla 5.</b> Porcentaje de abundancia en especies vegetales en el piso bajo y medio.....	24
<b>Tabla 6.</b> Contenido de carbono almacenado en la biomasa arbórea viva por parcelas .....	26
<b>Tabla 7.</b> Contenido de carbono almacenado en la necromasa por parcelas .....	27
<b>Tabla 8.</b> Contenido de carbono almacenado en el suelo por parcelas .....	28
<b>Tabla 9.</b> Contenido total de carbono almacenado por parcelas .....	29
<b>Tabla 10.</b> Descripción de horizontes en el perfil de suelo del piso altitudinal bajo.....	30
<b>Tabla 11.</b> Descripción de horizontes en el perfil de suelo del piso altitudinal medio.....	31
<b>Tabla 12.</b> Prueba T de Student del carbono almacenado en la biomasa arbórea viva.....	32
<b>Tabla 13.</b> Coeficientes de variación de los valores de carbono en la biomasa arbórea viva...	32
<b>Tabla 14.</b> Prueba T de Student del carbono almacenado por la necromasa .....	33
<b>Tabla 15.</b> Coeficientes de variación de los valores de carbono en la necromasa.....	33
<b>Tabla 16.</b> Prueba T de Student del carbono almacenado por el suelo.....	33
<b>Tabla 17.</b> Coeficientes de variación de los valores de carbono en el suelo .....	34
<b>Tabla 18.</b> Prueba T de Student del carbono total en los dos pisos altitudinales.....	34
<b>Tabla 19.</b> Coeficientes de variación del carbono total en los dos pisos altitudinales.....	34
<b>Tabla 20.</b> Coeficiente de correlación de Pearson entre la cantidad de carbono almacenado en los componentes del sistema agroforestal con la altitud. ....	35

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Ubicación del área de estudio .....	14
<b>Figura 2.</b> Medición de especies arbóreas y cafeto.....	16
<b>Figura 3.</b> Muestreo y análisis de necromasa. ....	18
<b>Figura 4.</b> Muestreo y análisis químico del suelo.....	19
<b>Figura 5.</b> Muestreo y análisis de densidad aparente.....	20
<b>Figura 6.</b> Realización de calicatas en los dos pisos altitudinales. ....	20
<b>Figura 7.</b> Carbono almacenado por especies forestales en las parcelas de los SAF de café. 25	
<b>Figura 8.</b> Carbono almacenado en la biomasa arbórea viva por piso altitudinal .....	26
<b>Figura 9.</b> Carbono almacenado en la necromasa por piso altitudinal. ....	27
<b>Figura 10.</b> Carbono almacenado en el suelo por piso altitudinal .....	28
<b>Figura 11.</b> Carbono total almacenado por piso altitudinal. ....	29
<b>Figura 12.</b> Perfil de suelos en el SAF de café del piso altitudinal bajo.....	30
<b>Figura 13.</b> Perfil de suelos en el SAF de café del piso altitudinal medio. ....	31

## Índice de anexos

<b>Anexo 1.</b> Distribución de las parcelas de estudio para evaluar los componentes de biomasa, necromasa y suelo en los dos pisos altitudinales.....	57
<b>Anexo 2.</b> Número de individuos registrados en los sistemas agroforestales de café.....	58
<b>Anexo 3.</b> Contenido de carbono almacenado por las especies forestales en las parcelas de los SAF de café de los dos pisos altitudinales .....	59
<b>Anexo 4.</b> Contenido de carbono almacenado por la biomasa arbórea viva en las distintas parcelas de los SAF de café de los dos pisos altitudinales.....	60
<b>Anexo 5.</b> Contenido de carbono almacenado por la necromasa en las distintas parcelas de los SAF de café de los dos pisos altitudinales .....	72
<b>Anexo 6.</b> Contenido de carbono almacenado por el suelo en las distintas parcelas de los SAF de café de los dos pisos altitudinales.....	73
<b>Anexo 7.</b> Mapa de pendientes del cantón Olmedo.....	74
<b>Anexo 8.</b> Certificación de traducción del Resumen (Abstract).....	75

## **1. Título**

Evaluación de almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de café de dos pisos altitudinales del cantón Olmedo, provincia de Loja

## 2. Resumen

Los sistemas agroforestales actúan como mecanismos de absorción y captura de emisiones, sin embargo, la deforestación en el cantón Olmedo ha suscitado que muchos agroecosistemas cafetaleros sean transformados a sistemas convencionales y cultivos de ciclo corto, provocando un menor secuestro de carbono. El estudio se desarrolló con la finalidad de determinar el carbono almacenado en la biomasa arbórea viva, necromasa y suelo en los sistemas agroforestales de café en dos pisos altitudinales: bajo (960-1400 msnm) y medio (1400-1800 msnm), además, las relaciones existentes del carbono con la altitud y las diferencias en los dos pisos altitudinales. Para el estrato arbóreo se delimitaron parcelas de 100 m<sup>2</sup> donde se realizó la medición del DAP de las especies forestales y de cafeto, siendo el carbono estimado mediante ecuaciones alométricas. En cada parcela se trazaron dos cuadrantes de 0,25 m<sup>2</sup> para la recolección de la necromasa, además se obtuvieron muestras de 200 gramos; cuyo carbono fue calculado por la relación peso seco/peso húmedo, multiplicada por la fracción de carbono. Para el suelo, se obtuvieron muestras disturbadas de 500 gramos donde se determinó la materia orgánica por el método Walkey & Black y, muestras no disturbadas para el análisis de densidad aparente con cilindros Kopecky a una profundidad de 30 cm. El piso altitudinal bajo presentó un total de 223,76 tC/ha distribuidas en 118,81 tC/ha para la biomasa arbórea; 5,64 tC/ha para la necromasa y 99,31 tC/ha para el suelo. Mientras que, el carbono del piso medio registró un total de 262,19 tC/ha; la biomasa arbórea 132,96 tC/ha, la necromasa 5,47 tC/ha y el suelo 123,76 tC/ha. El análisis estadístico indicó que la altitud no tuvo influencia en el almacenamiento de carbono, ni diferencias estadísticas significativas en los dos pisos altitudinales, dicha similitud se atribuye a múltiples factores y a comportamientos similares entre pisos.

**Palabras clave:** carbono almacenado; café; sistemas agroforestales; biomasa arbórea; necromasa; suelo

## 2.1 Abstract

Agroforestry systems act as mechanisms for absorbing and capturing emissions; however, deforestation in Olmedo has caused many coffee agroecosystems to be transformed to conventional systems and short-cycle crops, causing less carbon sequestration. The study was developed with the purpose of determining the carbon stored in the living tree biomass, necromass and soil in coffee agroforestry systems in two altitudinal levels: low (960-1400 masl) and medium (1400-1800 masl), as well as the existing relationships of carbon with altitude and the differences in the two altitudinal levels. For the arboreal stratum, plots of 100 m<sup>2</sup> were delimited where the DBH of the forest and coffee tree species were measured, and the carbon was estimated using allometric equations. In each plot, two quadrants of 0.25 m<sup>2</sup> were drawn for the collection of necromass, and samples of 200 grams were obtained, whose carbon was calculated by the dry weight/wet weight ratio, multiplied by the carbon fraction. For the soil, disturbed samples of 500 grams were obtained to determine the organic matter by the Walkey & Black method and undisturbed samples for the analysis of bulk density with Kopecky cylinders at a depth of 30 cm. The low altitudinal floor presented a total of 223.76 tC/ha distributed in 118.81 tC/ha for tree biomass; 5.64 tC/ha for necromass and 99.31 tC/ha for soil. While, the carbon of the middle floor registered a total of 262.19 tC/ha; tree biomass 132.96 tC/ha, necromass 5.47 tC/ha and soil 123.76 tC/ha. The statistical analysis indicated that altitude had no influence on carbon storage, nor significant statistical differences in the two altitudinal levels, this similarity is attributed to multiple factors and similar behaviors between levels.

**Keywords:** stored carbon; coffee; agroforestry systems; tree biomass; necromass; soil

### 3. Introducción

Las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera por fuentes antrópicas es cada vez mayor, la agricultura, los combustibles fósiles, la actividad industrial son los precursores de que las causas del calentamiento global sean mayores (Coppini, 2019), esto debido a que el CO<sub>2</sub> es un gas de efecto invernadero (GEI) que atrapa gran cantidad de calor proveniente de la superficie terrestre (Besar et al., 2020). La industria del cemento es el responsable del 8% de las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel mundial, superando al combustible de aviación con 2,5%, y muy cercano a la actividad agrícola con un 12% (Rodgers, 2018). Las emisiones producidas por la actividad agrícola para el año 2018 fueron de 4 Gt de CO<sub>2</sub>eq, de las cuales, el 74% de las emisiones de CO<sub>2</sub> corresponden a la pérdida de biomasa forestal provocada por los acelerados procesos de deforestación (FAO, 2020b). La deforestación de los bosques es uno de los causantes principales de la emisión del carbono almacenado (Chu et al., 2022). Se estima que una hectárea de cobertura forestal sujeta a problemas de deforestación puede liberar en promedio, emisiones de 592 Ton CO<sub>2</sub>eq (Barrios & López, 2021).

Cada año entre 15 a 17 millones de hectáreas de bosques son destruidos, lo que provoca un aumento considerable de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, donde se estaría perdiendo un 40% de carbono total almacenado (FAO, 1993). Adicional a ello, la pérdida de bosques hacia la agricultura convencional genera grandes emisiones de carbono, con un aporte del 20% de las emisiones totales mundiales (Parry et al., 2007), causando cambios en la dinámica de los ecosistemas, aumentando las concentraciones de carbono en la atmósfera y acelerando los procesos de degradación del suelo (Opitz, 2018), por el bajo contenido de materia orgánica (FAO, 2002), lo que altera la capacidad para atrapar el carbono atmosférico (Benjamín & Masera, 2001).

Ante esta situación, se incorporan los sistemas agroforestales como grandes sumideros de carbono que actúan como mecanismos de absorción y captura de emisiones (Casanova et al., 2011), con gran capacidad de capturar el CO<sub>2</sub> presente en la atmósfera y almacenarlo en la biomasa arbórea viva, necromasa y suelo por periodos de tiempo prolongados (Bautista et al., 2016). Los sistemas agroforestales de café perennes y con un adecuado manejo técnico almacenan en promedio 110 tC/ha (Espinoza et al., 2012), constituyendo una alternativa importante para enfrentar el cambio climático (Ávila et al., 2001; Gayoso & Guerra, 2005), debido que, atenúan y compensan en gran medida los acelerados procesos de degradación forestal (Villavicencio & Valdez, 2003), reducen la erosión de los suelos, participan en el ciclaje

de nutrientes, actúan como refugio de la biodiversidad (Villa et al., 2020; Villarreyna et al., 2020) y, a su vez, contribuyen a un mayor desarrollo socio-económico con grandes rendimientos agrícolas a largo plazo (Hernández et al., 2013) frente a los cultivos convencionales (Villa et al., 2020), lo que garantiza la seguridad alimentaria a nivel local y nacional, sobre todo en los años de escasas precipitaciones (FAO, 2002).

En Ecuador, la capacidad de aprovechamiento del suelo para actividades agropecuarias es relativamente alto; el 79 % de su territorio es apto para sistemas silvopastoriles, agroforestales y para la producción agrícola cafetalera (Ponce et al., 2018). Los cultivos de café en Ecuador está constituido por 199.215 ha (PRO Ecuador, 2013), establecidos de forma tradicional en sistemas agroforestales (Jezeer & Verweij, 2015) combinados con especies de leguminosas, musáceas, árboles maderables y especies características de cada zona, las mismas que le proveen de sombra y maximizan la conservación de los recursos (INIAP, 2010).

En la región sur del Ecuador y particularmente en la provincia de Loja, la producción de café se fundamenta bajo criterios de agroforestería, es decir en sistemas no convencionales de producción donde el cultivo de café se asocia con diferentes tipos de árboles (De Beenhouwer & Honnay, 2013), los mismos que juegan un papel fundamental dentro de la economía de los pequeños productores, a pesar de ser una zona con excelentes condiciones agroecológicas para la producción de café de calidad, no ha logrado consolidarse por su baja productividad, resultado de un manejo inadecuado dentro de los agroecosistemas (COFENAC, 2013). En el cantón Olmedo, los cultivos de café representan el 11,46% de la cobertura vegetal del cantón (GAD Olmedo, 2020), a pesar de los múltiples beneficios de estos sistemas agroforestales, los altos niveles de deforestación; han suscitado que muchos agroecosistemas cafetaleros sean transformados a sistemas convencionales y cultivos de ciclo corto, dando origen a un menor secuestro de carbono y provocando pérdidas en la capacidad productiva de los suelos (GAD Olmedo, 2014).

Por esta razón, el presente estudio está orientado a proporcionar datos sobre el almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de café por piso altitudinal en cada uno de sus componentes, con el fin de resaltar su valor, disminuir la deforestación, potenciar el agroecosistema y promover el uso de los sistemas agroforestales como fuente múltiple de ingresos económicos para los caficultores. Además, de generar información base al GAD



cantonal Olmedo con la finalidad de que tome medidas correctivas para frenar la deforestación y otras alteraciones en los servicios ecosistémicos que ofrece el sistema agroforestal de café.

Bajo este contexto se planteó la siguiente pregunta: ¿Qué piso altitudinal almacena el mayor contenido de carbono en los sistemas agroforestales de café del cantón Olmedo?

Para ello, en la presente investigación se plantearon los siguientes objetivos:

**Objetivo general:**

- Evaluar la variación en la cantidad de carbono almacenado entre los pisos altitudinales: bajo y medio, en los sistemas agroforestales de café del cantón Olmedo.

**Objetivos específicos**

- Determinar el carbono almacenado en la biomasa arbórea viva, necromasa y suelo en los sistemas agroforestales de café, en el piso altitudinal bajo (960-1400) m.s.n.m y piso altitudinal medio (1400-1800) m.s.n.m
- Establecer la relación del contenido de carbono almacenado en los componentes del sistema agroforestal con la altitud y diferencias en los dos pisos altitudinales

## **4. Marco teórico**

### **4.1. El cambio climático global y la agroforestería**

Los cambios en el clima y en la composición de la atmósfera se encuentran sujetos a una serie de acciones naturales y de origen antrópico, las cuales modifican y alteran gran parte de las propiedades climáticas. Las acciones naturales se relacionan directamente con las variaciones en el clima, mientras que, al factor antrópico se les atribuyen a los cambios en la composición de la atmósfera (IPCC, 2014). Las acciones antrópicas han contribuido significativamente al cambio climático antrópico, en especial de las elevadas emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, se estima que entre el 15% y 40% de carbono atmosférico permanecerá suspendido en la atmósfera en un periodo mayor de un milenio (IPCC, 2013).

Para contrarrestar el cambio climático, el protocolo de Kyoto declaró a la agroforestería como una actividad de recuperación y conservación de los recursos forestales, que además de la captura de carbono brinda servicios ecosistémicos importantes para la sostenibilidad del medio ambiente y el desarrollo de las comunidades (Abbas et al., 2017). El desafío del protocolo es contrarrestar en cierta medida las altas tasas de deforestación existentes y el cambio de uso de suelo, debido al avance de la agricultura convencional e insostenible que invaden y destruyen los ecosistemas naturales (Besar et al., 2020).

Los árboles juegan un papel importante en cuanto a la variación y regulación de la temperatura, el asocio de árboles de sombra a un cultivo contribuye a reducir hasta un 4°C la temperatura promedio diaria, mientras que, en cultivos de café asociada al 50% de sombra puede reducir la temperatura entre 2 a 3°C, sin que su rendimiento se vea alterado. Por lo tanto, se considera a la agroforestería como una alternativa estable y a largo plazo para proteger la productividad de los cultivos, en especial del café, debido a que los cultivos con asocio arbóreo protegen la fisionomía de la planta, mejora el microclima y lo ajusta a un modelo de resiliencia frente al cambio climático (Gomes et al., 2020).

#### **4.1.1. Cambio de uso de suelo**

La destrucción de los ecosistemas terrestres, el cambio de la cubierta vegetal, la intensificación y la degradación de los suelos son parte de las actividades antrópicas relacionadas al cambio de uso de suelo (Farfán et al., 2020). Este cambio de uso del suelo contribuye en gran medida al cambio climático global (OECC, 2019), con un aporte de 6.7 Gt

CO<sub>2</sub> eq, el mismo que representa el 11% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (PNUMA, 2020). La emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera por el cambio de uso de suelo se debe principalmente a dos factores: el primero por la disminución del contenido de materia orgánica, producto de la labranza de tierras y los cambios a sistemas de producción convencionales y, el segundo por la disminución de biomasa, resultado del reemplazo de las coberturas vegetales hacia cultivos agrícolas (Visconti & De Paz, 2017).

#### **4.1.2. La deforestación**

La deforestación de los bosques crece a ritmos acelerados, el avance de la agricultura y los cambios de uso de suelo son las razones principales de la pérdida de biomasa forestal. En las tres últimas, se han deforestado 420 millones de hectáreas forestales debido a los cambios de uso del suelo (FAO, 2020a). Se estima que los bosques pueden capturar 2000 millones tC al año, siendo su conservación una gran alternativa para compensar las tasas de emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera (FAO, 2018). Como alternativas para enfrentar los escenarios climáticos debido a la deforestación y degradación, se incorpora la deforestación evitada, el uso adecuado de los recursos forestales y la creación de superficies forestales (Sione et al., 2021).

#### **4.1.3. Ciclo de carbono**

El balance global del carbono se da por las continuas interacciones entre la atmósfera, los océanos y los ecosistemas terrestres. Es por ello que, una reducción de los ecosistemas forestales implica cambios en la dinámica de captura y almacenamiento de carbono, liberando mayor contenido de CO<sub>2</sub> a la atmósfera (Smith & Smith, 2007). La relación de intercambio entre los ecosistemas y la atmósfera se encuentra determinada por la capacidad de las plantas en almacenar el carbono atmosférico a través de los procesos fotosintéticos, y reintegrar a la atmósfera mediante la respiración autótrofa y heterótrofa (Pardos, 2010).

Inicia con la asimilación de CO<sub>2</sub> por parte de las plantas y ciertos microorganismos a través del proceso de fotosíntesis. El carbono atmosférico presente reacciona con el agua para formar glúcidos y liberar oxígeno. Los glúcidos proporcionan una fuente de energía hacia los vegetales y como resultado liberan CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Adicionalmente, los animales consumen fuentes de carbono que en su posterior será eliminado a través del metabolismo. Finalmente, cuando termina el ciclo de vida de los seres vivos, entran en procesos de descomposición donde el carbono presente en los organismos, es liberado a la atmósfera y al suelo (Burbano, 2018).

## **4.2. Almacenamiento de carbono**

Los sumideros de carbono cumplen un papel fundamental dentro del balance y ciclo de carbono, los mismos que ayudan a atrapar y compensar gran parte del CO<sub>2</sub> emitido. Los océanos son constituidos los mayores reservorios de carbono atmosférico con 38000 Gt de carbono encontrados en gran parte como iones carbonato y bicarbonato. Por otro lado, los ecosistemas terrestres almacenan 2060 Gt de carbono, repartidos en el suelo y en la biomasa con valores de 1500 Gt y 560 Gt respectivamente (Smith & Smith, 2007). Los bosques tropicales abarcan el 25% de la corteza terrestre y son constituidos como los mayores sumideros de carbono, con un 42% de carbono almacenado en biomasa y 27% en el suelo (Paredes et al., 2018). Los bajos contenidos de carbono en el suelo en los bosques tropicales, con respecto a la taiga y tundra se debe principalmente por los altos niveles de descomposición, que se equilibra en su posterior, por la alta pérdida de sus hojas, lo que conlleva a una mayor acumulación de hojarasca en el suelo (Smith & Smith, 2007).

### **4.2.1. El carbono en biomasa arbórea viva**

La capacidad para absorber el CO<sub>2</sub> por parte de la biomasa depende de la superficie destinada a la biomasa vegetal conformada por árboles y arbustos, a ello se suma, el tipo de especie vegetal, los factores climáticos como; el clima, relieve y, la adopción de prácticas agroforestales (FAO, 2007). Los árboles pueden almacenar entre 3 a 15 Mg C/ha al cabo de un año, únicamente en la parte de biomasa aérea (Nair et al., 2010), a través de la fotosíntesis que es el proceso principal donde el CO<sub>2</sub> presente en la atmósfera, se incorpora a las plantas, el mismo que actúa en cada uno de sus componentes arbóreos (raíces, hojas, tallo y ramas). El almacenamiento de carbono en la biomasa forestal, depende mucho del tiempo en el que el CO<sub>2</sub> siga formando parte en cualquiera de sus componentes hasta ser liberado al suelo o a la atmósfera. Esta liberación y retorno al ciclo del carbono puede darse a través de la descomposición de la materia vegetal o por la quema de biomasa (Ordóñez, 1999).

### **4.2.2. El carbono en necromasa**

La materia vegetal muerta presente en el suelo corresponde a una pequeña parte de biomasa de los ecosistemas (Baker et al., 2007), en la que se consideran a los residuos vegetales en diferentes niveles de putrefacción (Palace et al., 2007). La necromasa abarca el mantillo, es decir; al material en descomposición presente sobre la superficie del suelo, el mantillo a su vez está constituido por la hojarasca y detritos. La primera comprende los residuos de hojas, frutos

y pequeñas fracciones de ramas, mientras que, los detritos están integrados por trozos de madera, ramas, raíces y leños (Harmon et al., 1986; Orrego & del Valle, 2001 ). En bosques amazónicos, se estima que el 13% de la biomasa corresponde a la necromasa, con un potencial de captura de 9.7 Gt de C en toda la parte amazónica, siendo un factor importante en el aporte global del carbono (Chao et al., 2009). La tasa de descomposición de los residuos vegetales es un factor importante en el ciclo del carbono, a medida que el material vegetal se descompone este se libera y se agrega al suelo (Liu et al., 2006). Sin embargo, el grado de descomposición está sujeto a las condiciones climáticas, a la condición del sustrato y a la biodiversidad del suelo (Trofymow et al., 2002)

#### **4.2.3. El carbono en el suelo**

Las interrelaciones entre el COS entre el suelo y la atmósfera pueden ser positivos o negativos; positivos en el que el suelo actúa como sumidero y negativo en el que el carbono almacenado se libera (FAO, 2002). Dos tercios del carbono presente en los ecosistemas se encuentra en carbono orgánico mientras que, un tercio del carbono se encuentra secuestrado en formas inorgánicas (Lal, 2008). Los suelos expuestos a temperaturas altas, aumentan los niveles de descomposición de materia vegetal en el suelo, el cual incrementa en mayor medida la dinámica en el flujo del carbono (Serrato et al., 2014). La presencia de carbono orgánico en el suelo disminuye a medida que se incrementa la profundidad, donde su mayor contenido se secuestra en los primeros 30 cm (Hairiah et al., 2011). La materia orgánica presente en el suelo incide dentro de sus propiedades, es decir; en su estructura, porosidad, infiltración, capacidad de intercambio catiónico (CIC) y densidad aparente (DA) (Vagen et al., 2005). Conforme aumenta el nivel de material vegetal en el suelo mejora las condiciones de estabilidad estructural del suelo, lo que previene la erosión, así como mayor biodisponibilidad de nutrientes para los vegetales (FAO, 2002).

#### **4.3. Los sistemas agroforestales como sumideros de carbono**

Los sistemas agroforestales constituyen una práctica sostenible de uso de suelo en el que se incorporan especies forestales dentro de los cultivos agrícolas, logrando una mayor diversificación e interacción biológica con sus componentes en el espacio donde se desarrollan (Garrett, 2009). Los sistemas agroforestales son considerados sumideros importantes de carbono (por encima y debajo del suelo) debido a su alta capacidad de atrapar y secuestrar grandes cantidades de carbono presente en la atmósfera (Yirdaw, 2018). La capacidad para

almacenar carbono se encuentra sujeto a factores biológicos, condiciones climáticas, a la calidad del suelo y al manejo que se le brinde al sistema agroforestal (Nair et al., 2009). La integración de árboles y arbustos a un sistema agroforestal permite aumentar los niveles de captura de carbono frente a los cultivos de uso intensivo y de monocultivo (Kirby & Potvin, 2007).

A nivel mundial, la agroforestería ocupa 1023 millones de hectáreas, a la espera de que muchas áreas, coberturas vegetales y sitios degradados se transformen hacia sistemas agroforestales (Nair et al., 2009). Para el año 2040, la agroforestería sería la que mayor contenido de carbono presente, esto se debe a que muchas áreas desocupadas y coberturas vegetales serán transformadas hacia sistemas forestales (Betemariyam et al., 2020). Según Pandey (2002) señala que, los sistemas agroforestales son sustanciales por dos factores: i) el componente arbóreo secuestra CO<sub>2</sub> a través de los procesos fotosintéticos de las plantas y lo almacena por debajo del suelo; ii) son una alternativa importante para frenar la deforestación de los bosques tropicales y templados hacia la agricultura convencional.

#### **4.4. Los sistemas agroforestales de Café**

Los cafetales bajo sombra constituyen un medio de vida importante para los caficultores y el desarrollo de sus comunidades (Pinoargote, 2022; Somarriba et al., 2017), debido a que sus ingresos económicos no solo dependen de la cosecha y comercialización del fruto de café, sino también de los recursos que el sistema agroforestal proporciona, como: las plantaciones de musáceas y frutales (Pinoargote et al., 2017). Los sistemas agroforestales de café presentan una serie de mecanismos, que desde el punto de vista ambiental ayudan a la conservación de la biodiversidad nativa (Jha et al., 2014), controla los procesos biogeoquímicos, previene fenómenos naturales (Masuhara et al., 2015) y ofrece varios servicios ecosistémicos como son: i) la polinización; ii) el control biológico de plagas; iii) regulación del microclima; iv) reducen la erosión de los suelos y, v) contribuyen a la captura y almacenamiento de carbono (Jha et al., 2011).

Los sistemas cafetaleros tienen una capacidad considerable para acumular el CO<sub>2</sub>, a través de las partes altas de la planta, las raíces y por el material vegetal en descomposición presente en el suelo (Fournier, 1995) citado por Farfán (2014). El secuestro de carbono en cultivos de café es mayor si se incrementa los niveles de composición y diversificación arbórea, no obstante, comparado con ecosistemas forestales la capacidad de captura es menor. Sin

embargo, se espera una mayor respuesta a la capacidad de almacenamiento a través de la maduración y edad de las especies forestales (Jezeer & Verweij, 2015).

#### **4.5. El efecto de la altitud en el almacenamiento de carbono**

En la biomasa vegetal, (Livia & Kheffinir, 2014) establece que conforme aumenta la altitud, aumenta el contenido de carbono orgánico almacenado. Por otro lado, la presencia de carbono en hojarasca es baja en comparación al C orgánico presente en los suelos, esto se debe a que, la ocurrencia de precipitaciones provoca mayores pérdidas del material vegetal presente en los ecosistemas (Fonseca et al., 2008). Con respecto al suelo, Griffiths et al., (2009) estableció que conforme aumenta la altitud aumentan los niveles de contenido de carbono orgánico y materia orgánica en el suelo, además añadió que las variaciones se encuentran sujetas a condiciones de carácter biológico, ambiental y de relieve, así como, los factores de humedad y temperatura.

## 5. Metodología

La investigación presenta un enfoque cuantitativo de tipo correlacional debido a que, se pretende relacionar dos variables de estudio: la variable independiente que corresponde a los pisos altitudinales de los sistemas agroforestales de café, mientras que, la variable dependiente corresponde al carbono almacenado en los componentes del sistema agroforestal de café (biomasa arbórea viva, necromasa y suelo). La población está constituida por todos los sistemas agroforestales de café de los dos pisos altitudinales del cantón Olmedo, mientras que, la muestra está constituida por un sistema agroforestal de una hectárea por cada piso altitudinal.

La investigación se realizó de forma estacional en la época invernal teniendo en cuenta condiciones topográficas y de vegetación similares. Con respecto al diseño de la investigación, corresponde a un muestreo aleatorio estratificado, en el cual se delimitaron 3 parcelas para biomasa arbórea viva de 4 m x 25 m (100 m<sup>2</sup>) dentro de cada sistema agroforestal, es decir; las parcelas I, II y III, corresponden al sistema agroforestal (SAF) del piso altitudinal bajo mientras que, las parcelas IV, V y VI al sistema agroforestal (SAF) del piso altitudinal medio. Para el componente necromasa se realizaron dos repeticiones por cada parcela evaluada, con un total de 6 muestras por sistema agroforestal de café de cada piso altitudinal, siendo el mismo número de repeticiones y total de muestras disturbadas para el componente suelo a excepción de las muestras no disturbadas (Anexo 1).

### 5.1. Área de estudio

El área de estudio se ubica en el cantón Olmedo, provincia de Loja, específicamente en sistemas agroforestales de café de dos pisos altitudinales. El sistema agroforestal (SAF) de café del piso altitudinal bajo (960-1400 msnm), se encuentra ubicado en el barrio Tanijal, con coordenadas: 651173 de longitud este; 9566071 de latitud norte y una altitud de 1196,1 msnm. El sistema agroforestal de café del piso altitudinal medio (1400-1800 msnm) se encuentra ubicado en el barrio Loma Redonda, con coordenadas 647615 de longitud este; 9565193 de latitud norte y una altitud de 1716,7 msnm (Figura 1). Esta zona presenta dos regímenes estacionales: invierno y verano. La época de invierno comprende los meses de enero hasta mayo, mientras que la época de verano corresponde a los meses del año restantes. La temperatura anual oscila entre 16 a 22 °C y su precipitación anual es de 700 a 1200 mm. El cantón Olmedo se encuentra ocupada por distintos tipos de cobertura, como son: Pasto (51,73%), cultivo (26,93%), Matorral (18,11%), bosque (3,18%) y, área urbana (0,05%), las



mismas que han sido modificadas por los factores climáticos, pendiente, tipos de suelo y actividades antropogénicas (GAD Olmedo, 2014).

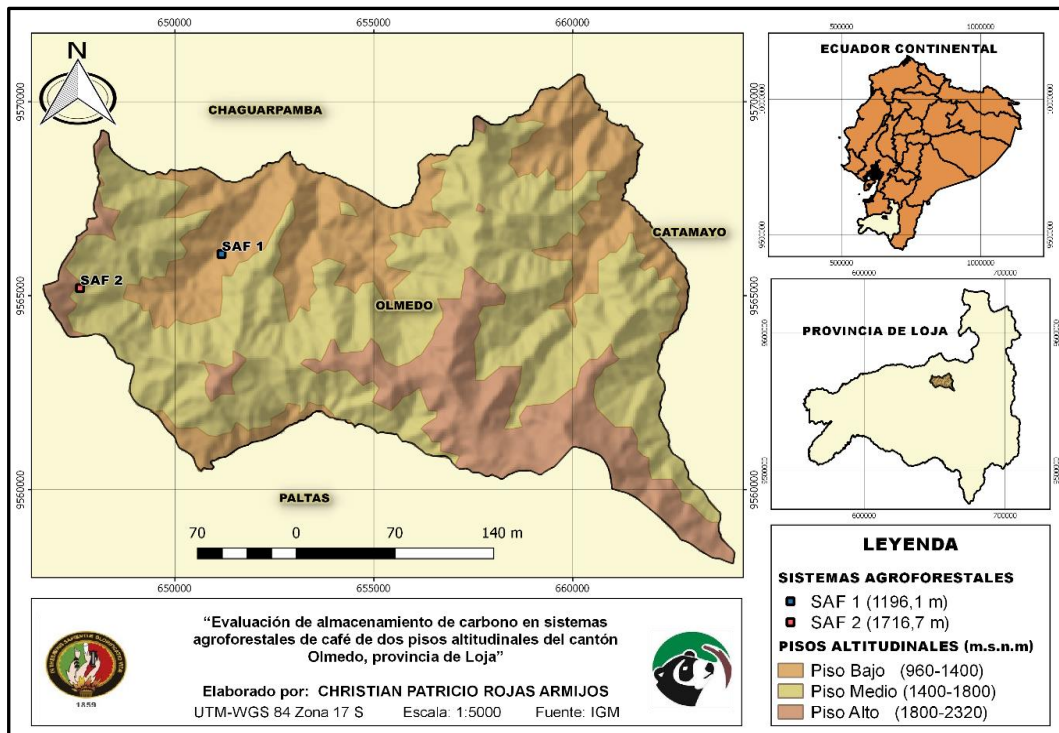


Figura 1. Ubicación del área de estudio

## 5.2. Metodología para determinar el carbono almacenado en la biomasa arbórea viva, necromasa y suelo en los sistemas agroforestales de café, en el piso altitudinal bajo (960-1400) m.s.n.m y medio (1400-1800) m.s.n.m

Para la cuantificación del carbono almacenado en los distintos componentes del sistema agroforestal, se determinó algunas variables cuantitativas y cualitativas, como se indica en la Tabla 1.

Tabla 1. Variables cuantitativas y cualitativas de la investigación

<b>Variables</b>	<b>Unidad</b>
<b><i>Biomasa arbórea viva</i></b>	
CAP (Circunferencia altura del pecho)	cm
DAP (Diámetro altura del pecho)	cm
dn (diámetro normal)	cm
Especies vegetales	-
Biomasa	kg/árbol
Carbono almacenado	tC/ha
<b><i>Necromasa</i></b>	
Biomasa de la necromasa	t/ha
Peso	g
Carbono en la necromasa	tC/ha
<b><i>Suelo</i></b>	
Materia orgánica	%
Carbono orgánico	%
COS	tC/ha
Densidad aparente	g/cm <sup>3</sup>
Profundidad de suelo	cm
Perfil de suelo	-
<b><i>Factores topográficos</i></b>	
Pendiente	%
Elevación	msnm

### 5.2.1. *Biomasa arbórea viva*

Para la medición de especies arbóreas y cafeto (Figura 2), se delimitaron parcelas de muestreo de 4 m x 25 m, tanto para el SAF de café del piso altitudinal bajo como para el piso medio (Figura 2a), las mismas que fueron georreferenciadas con un GPS marca GeoRef K2 (Figura 2b). Para obtener el diámetro a la altura del pecho (DAP) de las especies arbóreas, se procedió a medir la circunferencia del árbol a la altura del pecho (CAP) con una cinta métrica a 1,30 m del suelo (Rügnitz et al., 2009) en cada una de las especies forestales (Figura 2c), con diámetros mayores o iguales a 5 cm como lo propone (Schlegel et al., 2001) hasta un diámetro de 30 cm (Arévalo et al., 2003), mientras que, en plantas de café (Figura 2d) se realizó la medición de su diámetro normal (dn) a 15 cm del suelo (Mohammed & Bekele, 2014). Considerando que, para evitar repeticiones en la medición de los individuos de cada parcela, se señalaron con pintura spray rojo.

Para la identificación taxonómica de las especies registradas en campo, se obtuvieron muestras botánicas de las mismas, además de fotografías completas del individuo, así como restos de sus flores y frutos, para su posterior identificación en las colecciones botánicas

almacenadas en el herbario “Reinaldo Espinosa” de la Universidad Nacional de Loja. Finalmente, para estimar el carbono almacenado en la biomasa arbórea viva se hizo uso de las ecuaciones alométricas propuestas a continuación.



Figura 2. Medición de especies arbóreas y café.

a: Delimitación de parcelas de muestreo; b: Georreferenciación de las parcelas de muestreo; c: Medición del DAP de las especies forestales; d: Medición del diámetro normal de las plantas de café.

- Para el cálculo del Diámetro altura del pecho (DAP), se utilizó la fórmula propuesta por Rügnitz et al. (2009).

$$DAP = CAP / \pi$$

Donde:

DAP = diámetro a la altura del pecho en centímetros

CAP= circunferencia a la altura del pecho en centímetros.

$$\pi = 3,1416$$

- La ecuación propuesta por Arévalo et al. (2003) para el cálculo de biomasa arbórea viva de las especies forestales, se muestra a continuación:

$$BA = 0,1184 * DAP^{2,53}$$

Donde:

BA = biomasa de los árboles, en kg/árbol

DAP = diámetro a la altura del pecho en centímetros

0,1184= constante

2,53= constante exponencial

Ecuación alométrica para el cálculo de biomasa en plantas de café (*Coffea sp*) (Hairiah et al., 2001).

$$Y = 0,2811 * D^{2,0635}$$

*Donde:*

Y = Biomasa en kg/árbol

D= diámetro normal en centímetros, a 15 cm del suelo

2,0635= constante exponencial

Para calcular la biomasa en *Musaceae*, se hizo uso de la ecuación alométrica propuesta por Hairiah et al. (2001).

$$Y = 0,0303 * DAP^{2,1345}$$

*Donde:*

Y = Biomasa en kg/árbol

DAP= diámetro a la altura del pecho en centímetros

2,1345= constante exponencial

- Para determinar la biomasa por hectárea, se sumaron las biomásas de todas las especies forestales incluyendo musáceas y arbustos de café (BTAV).

$$BAVT = BTAV * 0,1$$

*Donde:*

BAVT= biomasa de árboles vivos en t/ha

BTAV= biomasa total en las parcelas registradas

0,1 = factor de conversión, en caso de que la parcela sea de 4 m x 25 m

- Para estimar la cantidad de carbono almacenado en la biomasa arbórea viva, se reemplazaron los valores previamente calculados, en la siguiente ecuación (Arévalo et al., 2003).

$$CBA = BAVT * 0,5$$

*Donde:*

CBA= Contenido de carbono almacenado en la biomasa arbórea viva (tC/ha)

BAVT= biomasa de árboles vivos en t/ha

0,5= Constante de conversión, establecido por el IPCC (2003)

### 5.2.2. Necromasa

Para el muestreo y análisis de necromasa (Figura 3), se delimitó al azar dos cuadrantes de 0,5 m x 0,5 m a través de un marco cuadrangular en cada parcela de 4 m x 25 m (Figura 3a). Se inició recolectando los residuos del material vegetal muerta (hojarasca y detritos de madera) presente dentro del cuadrante (Figura 3b) y registrando su peso total (Figura 3c) (Arévalo et al., 2003). En cada cuadrante se recolectó una muestra de necromasa de 200 gramos, las mismas que fueron trasladadas en bolsas Ziploc al laboratorio de suelos, agua y bromatología de la Universidad Nacional de Loja para su respectivo análisis (Figura 3d). En bolsas de papel Kraft se colocaron las muestras de necromasa y se hizo su respectiva codificación (Figura 3e), se trasladaron las muestras hacia una estufa, monitoreando su peso a un promedio de temperatura de 65 °C por 72 horas hasta obtener su peso seco constante (Figura 3f). A través de las ecuaciones establecidas por Arévalo et al. (2003), se determinó el carbono almacenado en la necromasa.



Figura 3. Muestreo y análisis de necromasa.

a: Cuadrantes de 0,25m<sup>2</sup>; b: Recolección de necromasa; c: Peso total de necromasa recolectada; d: Muestras recolectadas en cada cuadrante; e: Codificación de las muestras; f: Colocación y monitoreo de las muestras en la estufa.

- Para estimar el contenido de biomasa de la necromasa en t/ha, se procedió a calcular en base a la siguiente ecuación:

$$BN = ((P_{BSM} / P_{BHM}) * P_{BHT}) * 40$$

*Donde:*

BN= biomasa de la necromasa en t/ha

PBHM =Peso en base húmeda de la muestra en gramos

PBSM = Peso en base seca de la muestra en gramos

PBHT= Peso en base húmeda total de la necromasa en kg, en el cuadrante de 0,25 m<sup>2</sup>

40 = Factor de conversión

- Una vez determinado el contenido de biomasa de la necromasa, se procedió a calcular el contenido de carbono en tC/ha.

$$\text{CN} = \text{BN} * 0.5$$

*Donde:*

CN= Contenido de carbono almacenado en la necromasa (tC/ha)

BN= biomasa de la necromasa en t/ha

0,5= Constante para determinar carbono, establecido por el (IPCC, 2003)

### 5.2.3. Suelo

En cada cuadrante de 0,5 m x 0,5 m donde se recolectó la necromasa, se procedió a obtener una muestra disturbada de suelo (Figura 4a), con la ayuda de un barreno (Espinoza et al., 2012), a una profundidad de 0-30 cm donde mayormente se encuentra el carbono para su análisis (Honorio & Baker, 2010). Se obtuvo una muestra simple de 500 gramos de forma homogeneizada, la misma que se trasladó en bolsas Ziploc al laboratorio de suelos, agua y bromatología de la Universidad Nacional de Loja para el análisis de materia orgánica y carbono orgánico mediante el método modificado de Walkley & Black (1947) (Figura 4b).

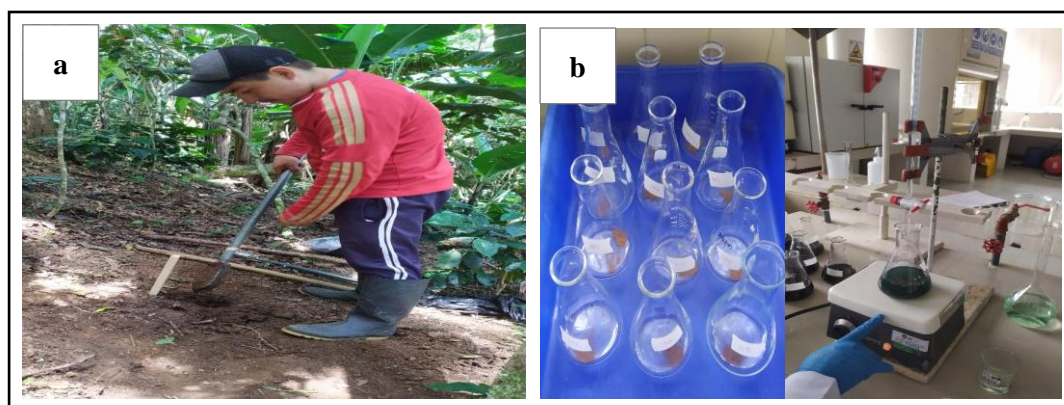


Figura 4. Muestreo y análisis químico del suelo.

a: Colecta de muestras disturbadas a 0-30cm; b: Determinación de carbono y materia orgánica en laboratorio.

Para obtener las muestras no disturbadas de densidad aparente, se hizo uso de cilindros Kopecky de volumen conocido, a una profundidad del suelo de 30 cm (Figura 5a), con dos repeticiones dentro de cada cuadrante (Figura 5b), con la finalidad de tener un mayor acercamiento a valores reales y evitar inconsistencias en su análisis. Se secaron los cilindros con suelo en una estufa a 105°C por 24 horas (Figura 5c) y se procedió a determinar la densidad aparente a través del método del volumen conocido (LASAB, 2013).

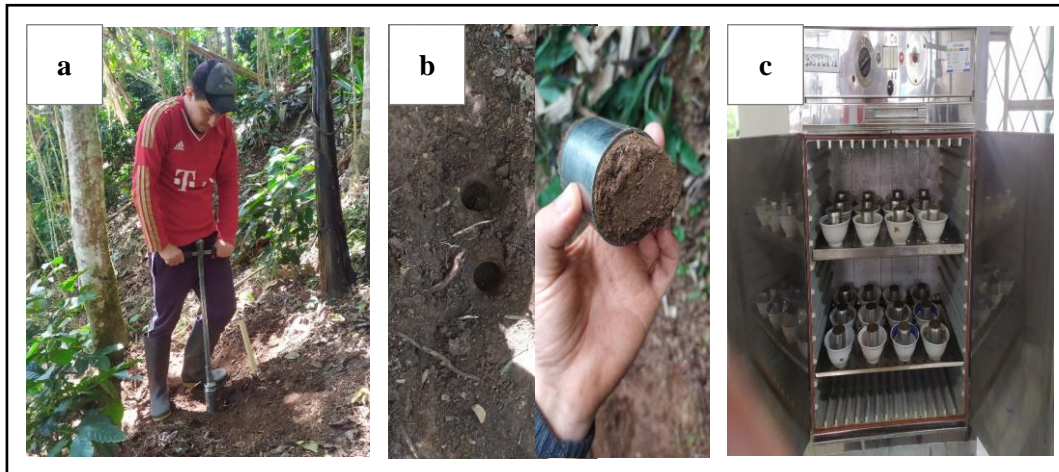


Figura 5. Muestreo y análisis de densidad aparente.  
a: Muestreo de densidad aparente con cilindros Kopecky; b: Repeticiones en cada cuadrante; c: Secado de los cilindros en la estufa a 105°C/24h

Adicional a ello, se realizó una descripción del estado natural del perfil del suelo mediante la excavación de una calicata con dimensiones de 1 m<sup>3</sup> por cada piso altitudinal (Figura 6), con el fin de evidenciar los horizontes de suelo y las raíces que componen el cultivo (Calderón & Rodríguez, 2016).



Figura 6. Realización de calicatas en los dos pisos altitudinales.  
a: Piso bajo; b: Piso medio

- Se determinó el porcentaje de carbono y materia orgánica mediante el método Walkley & Black (1947), aplicando las siguientes fórmulas:

$$C(\%) = \frac{(V_0 - V) * N * 0,39}{PM}$$

$$MO(\%) = \frac{(V_0 - V) * N * 0,39 * 1,72 * 1,1}{PM}$$

Dónde:

$V_0$  = volumen gastado en la titulación del blanco.

$V$  = volumen gastado en la titulación de la muestra.

$N$  = Normalidad exacta del sulfato de hierro.

0,39= Peso químico equivalente del carbón.

1,72 = Constante de conversión de C a MO sobre la hipótesis de que la materia orgánica contiene 58% de C en la generalidad de los suelos encontrados en el Ecuador.

1,1 = Error de conversión de C a MO (10%).

$PM$  = Peso de la muestra de suelo.

$F$  = Factor de corrección de la sal de Morh.

- Para determinar la Densidad Aparente del suelo ( $g/cm^3$ ), se aplicó la siguiente fórmula:

$$DA = \frac{PSIC}{VCH}$$

Donde:

$DA$ = Densidad aparente del suelo en  $g/cm^3$

$PSIC$ =Peso seco del suelo al interior del cilindro en gramos

$VCH$ =Volumen constante del cilindro ( $100\text{ cm}^3$ )

- Cálculo del peso del volumen del suelo, establecido por la profundidad del horizonte.

$$PVS = DA * PMS * 10\ 000\ m^2$$

Donde:

$PVS$ = Peso del volumen del suelo

$DA$ = Densidad aparente del suelo en  $g/cm^3$

$PMS$ = Profundidad de la muestra de suelo en metros

$10\ 000\ m^2$ = Equivale a 1 hectárea

- Para calcular el contenido de carbono por  $tC/ha$  se aplicó la siguiente fórmula:

$$CS = \% \text{ Carbono}/100 * PVS$$



Donde:

CS= Contenido de carbono almacenado en el suelo (tC/ha)

% Carbono= Porcentaje de carbono obtenido en el análisis de laboratorio

PVS= Peso del volumen del suelo

#### 5.2.4. Carbono total almacenado

Para determinar el carbono total almacenado (tC/ha) en cada piso altitudinal, se realizó la sumatoria de los promedios del contenido de carbono de los componentes estimados en las parcelas, a través de la siguiente ecuación:

$$CT = \bar{X}CBA + \bar{X}CN + \bar{X}CS$$

Donde:

CT= Carbono total almacenado (tC/ha)

$\bar{X}CBA$ = Promedio del contenido de carbono almacenado en la biomasa arbórea viva (tC/ha)

$\bar{X}CN$ = Promedio del contenido de carbono almacenado en la necromasa (tC/ha)

$\bar{X}CS$ = Promedio del contenido de carbono almacenado en el suelo (tC/ha)

### 5.3. Metodología para establecer la relación del contenido de carbono almacenado en los componentes del sistema agroforestal con la altitud y diferencias en los dos pisos altitudinales

Para determinar las diferencias, se realizó una comparación entre el contenido de carbono almacenado en el SAF del piso altitudinal bajo y el contenido de carbono almacenado en el SAF del piso altitudinal medio, esto con la finalidad de conocer si existe diferencias significativas en el almacenamiento de carbono del SAF. Para la relación entre variables, se tomó en cuenta la variable independiente que corresponde a los pisos altitudinales de los sistemas agroforestales de café, mientras que la variable dependiente al carbono almacenado en los componentes del sistema agroforestal de café como lo indica la Tabla 2. Cabe recalcar que estas relaciones y comparaciones fueron realizadas de acuerdo a los análisis estadísticos presentados en la otra sección.

Tabla 2. Variables Independientes y dependientes del estudio

<b>Variable Independiente</b>	<b>Variable dependiente</b>
Pisos altitudinales (960-1400 msnm) (1400-1800 msnm)	Carbono almacenado en los componentes del SAF de café (biomasa arbórea viva, necromasa y suelo)

#### 5.4. Análisis estadístico

Para el procesamiento de los datos obtenidos en los componentes del SAF se utilizó Hojas de cálculo Excel. Además, se aplicó estadística descriptiva e inferencial para el análisis de datos, empleando el software estadístico Infostat versión estudiantil (Di Rienzo et al., 2018), teniendo en cuenta que se trabajó con un nivel de confianza del 95% en todos sus análisis.

Previamente, se determinó la parametricidad de los datos, considerando los supuestos de normalidad, linealidad e independencia en cada una de las variables (Yu et al., 2019). Seguidamente, para evaluar si el contenido de carbono almacenado en los dos SAF de café son significativamente diferentes entre sí, se aplicó la prueba T de Student; método paramétrico que permite determinar si dos grupos difieren estadísticamente entre sí en función de sus medias (Hernández et al., 2014). A su vez, se empleó el cálculo del coeficiente de variación para conocer cuan dispersos se encuentran los datos en función de la media, agrupados bajo criterios de clasificación (Tabla 3).

Tabla 3. Criterios para la clasificación de los coeficientes de variación

<b>Coeficiente de Variación (%)</b>	<b>Variabilidad</b>
0 a 15	Muy baja
15 a 30	Baja
30 a 45	Mediana
45 a 60	Alta
> 60	Muy alta

Fuente: Elaboración propia, a partir de (Larreal, 2005; Larreal, 2006)

Para evaluar la relación de la cantidad de carbono almacenado en los componentes del SAF con el piso altitudinal, se aplicó un análisis de correlación en base al coeficiente de correlación de Pearson, teniendo en cuenta que las variables analizadas presentaron distribución normal. Los valores de este coeficiente varía entre -1 a +1 (Tabla 4) y su función es medir el grado de asociación lineal de dos variables numéricas de forma cuantitativa (Zou et al., 2003).

Tabla 4. Grados de correlación lineal

<b>Coeficiente (r)</b>	<b>Grado de correlación</b>
r= -1	Perfecta negativa
-1 < r ≤ -0,8	Fuerte negativa
-0,8 < r < -0,5	Moderada negativa
-0,5 ≤ r < 0	Débil negativa
0	Nula
0 < r ≤ 0,5	Débil positiva
0,5 < r < 0,8	Moderada positiva
0,8 ≤ r < 1	Fuerte positiva
r= 1	Perfecta positiva

Fuente: Elaboración propia, a partir de (Alanís et al., 2017; Zou et al., 2003)

## 6. Resultados

### 6.1. Carbono almacenado en la biomasa arbórea viva, necromasa y suelo en los sistemas agroforestales de café, en el piso altitudinal bajo (960-1400) m.s.n.m y piso altitudinal medio (1400-1800) m.s.n.m.

- **biomasa arbórea viva**

En los dos sistemas agroforestales de café evaluados, la especie con mayor porcentaje de abundancia fue *Musa x paradisiaca* L. existiendo una mayor presencia en el piso altitudinal medio con un valor de 26,67% respecto al 12,44% del piso bajo. Además, se observó la presencia de *Jacaranda mimosifolia* D.Don pero en menor porcentaje de abundancia (Tabla 5). Las demás especies registradas para los dos pisos altitudinales presentaron una baja abundancia, su rango va desde 4,00% a 0,44% para el piso bajo y desde 4,76% a 0,48% para el piso medio. Es importante mencionar que en los dos SAF se registraron un total de 18 especies vegetales distribuidas en 6 parcelas, con un total de 435 individuos (Anexo 2).

Tabla 5. Porcentaje de abundancia en especies vegetales en el piso bajo y medio

Nro.	PISO BAJO		PISO MEDIO	
	Especie	Abundancia (%)	Especie	Abundancia (%)
1	<i>Coffea arabica</i> L.	77,33	<i>Coffea arabica</i> L.	62,86
2	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	12,44	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	26,67
3	<i>Inga spectabilis</i> (Vahl) Willd.	4,00	<i>Cupania americana</i> L.	4,76
4	<i>Albizia multiflora</i> (Kunth) Barneby & J.W.Grimes	2,22	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don	1,43
5	<i>Cnidioscolus aconitifolius</i> (Mill.) I.M.Johnst	0,89	<i>Inga oerstediana</i> Benth	0,95
6	<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	0,89	<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schlttdl.	0,95
7	<i>Carica papaya</i> L.	0,89	<i>Cedrela odorata</i> L.	0,48
8	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don	0,44	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	0,48
9	<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	0,44	<i>Citrus x aurantium</i> L.	0,48
10	<i>Erythrina velutina</i> Willd.	0,44	<i>Juglans neotropica</i> Diels	0,48
11			<i>Vasconcellea stipulata</i> (V.M. Badillo) V.M. Badillo	0,48

La Figura 7, indica los valores más altos de carbono almacenado por las especies forestales en cada parcela de estudio. La especie forestal que mayor contenido de carbono almacenó es *Inga spectabilis* (Vahl) Willd. con 64,63 tC/ha, la misma que se encuentra en la parcela III del piso altitudinal bajo. De igual manera, en la parcela V del piso altitudinal medio se encuentra la especie de mayor contenido de carbono almacenado *Cupania americana* L. con

114,19 tC/ha. Los valores de carbono en las demás especies forestales a mayor detalle se presentan en el Anexo 3.

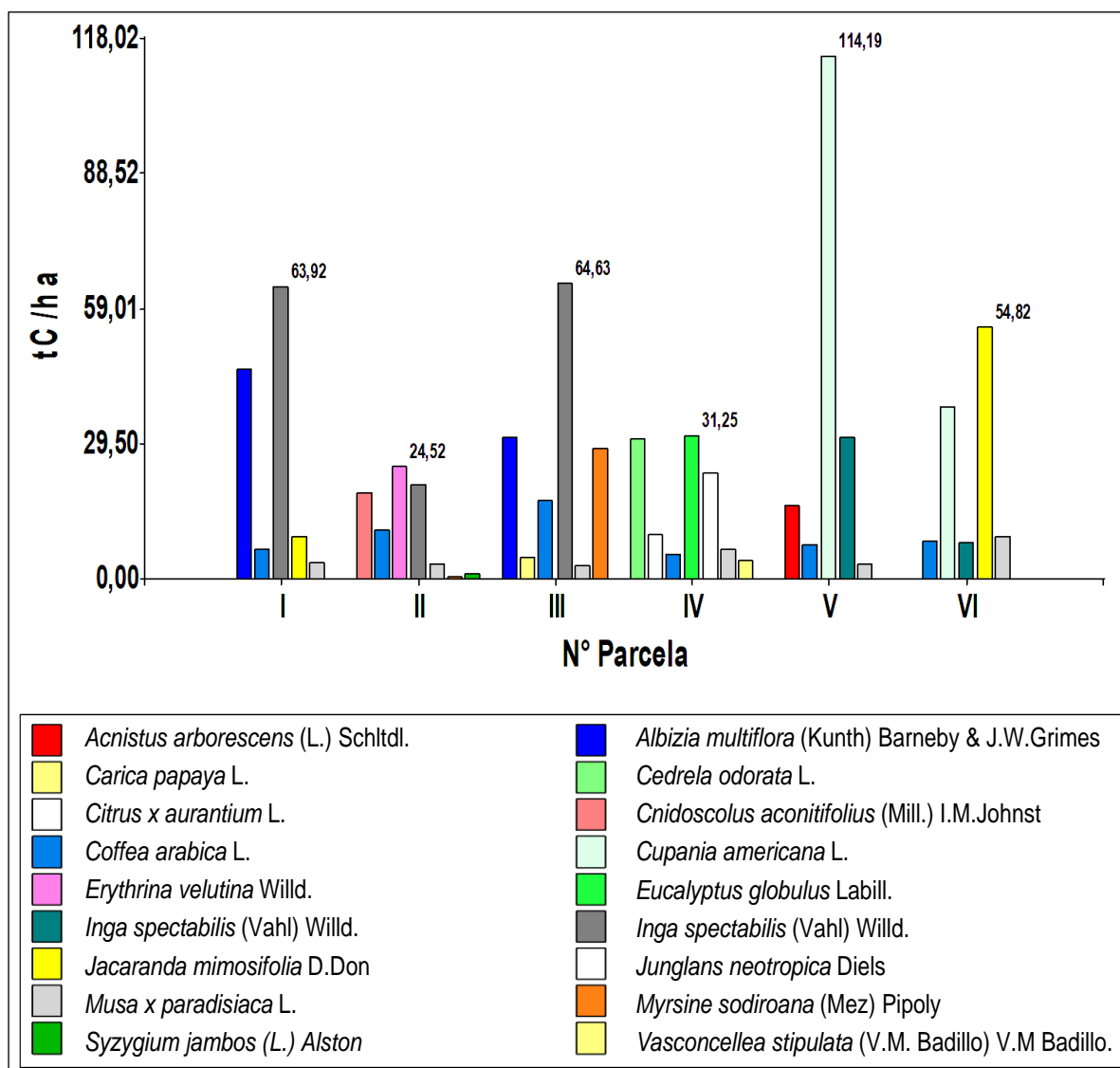


Figura 7. Carbono almacenado por especies forestales en las parcelas de los SAF de café

Los valores totales de carbono almacenado en la biomasa arbórea viva corresponden a la sumatoria individual de las especies forestales y de cafeto evaluadas en cada parcela de estudio. La parcela con mayor contenido de carbono almacenado para el piso bajo es la parcela III con 148,37 tC/ha. Así mismo, la parcela V del piso medio fue la de mayor almacenamiento con 171,48 tC/ha (Tabla 6). Los valores de este componente a mayor detalle se muestran en el Anexo 4.

Tabla 6. Contenido de carbono almacenado en la biomasa arbórea viva por parcelas

Piso altitudinal	N° Parcela	Carbono en biomasa arbórea (tC/ha)
Bajo	I	128,91
Bajo	II	79,14
Bajo	III	148,37
Medio	IV	109,88
Medio	V	171,48
Medio	VI	117,53

La Figura 8, muestra los valores promedios y de desviación estándar del carbono almacenado por la biomasa arbórea viva, obtenida en base a los valores de las parcelas correspondientes de cada piso altitudinal. El piso bajo registró en promedio 118,81 ( $\pm 35,70$ ) tC/ha, mientras que el piso medio un promedio de 132,96 ( $\pm 33,58$ ) tC/ha, calculadas a través de ecuaciones alométricas en función de las distintas especies forestales encontradas.

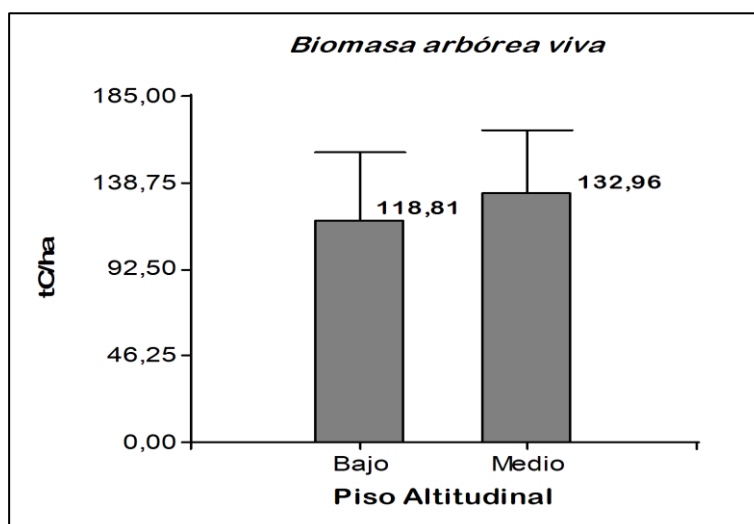


Figura 8. Carbono almacenado en la biomasa arbórea viva por piso altitudinal

- **Necromasa**

Los valores de carbono almacenado por la necromasa en cada una de las parcelas, corresponden al promedio de los valores obtenidos en los dos cuadrantes de cada parcela. La parcela con mayor contenido de carbono almacenado en el piso bajo fue la parcela III con 6,71 tC/ha. Así mismo, la parcela VI del piso medio fue la de mayor almacenamiento con 7,29 tC/ha (Tabla 7). Los valores a mayor detalle se muestran en el Anexo 5.

Tabla 7. Contenido de carbono almacenado en la necromasa por parcelas

Piso altitudinal	Nº Parcela	Carbono en necromasa (tC/ha)
Bajo	I	6,03
Bajo	II	4,18
Bajo	III	6,71
Medio	IV	3,03
Medio	V	6,08
Medio	VI	7,29

La Figura 9, indica los valores promedios y de desviación estándar del carbono almacenado por el componente necromasa, obtenidos en función de los valores distribuidos en las parcelas de cada piso altitudinal correspondiente. El piso altitudinal bajo registró en promedio 5,64 ( $\pm 1,34$ ) tC/ha, mientras que, el piso altitudinal medio presentó un promedio de 5,47 ( $\pm 1,98$ ) tC/ha.

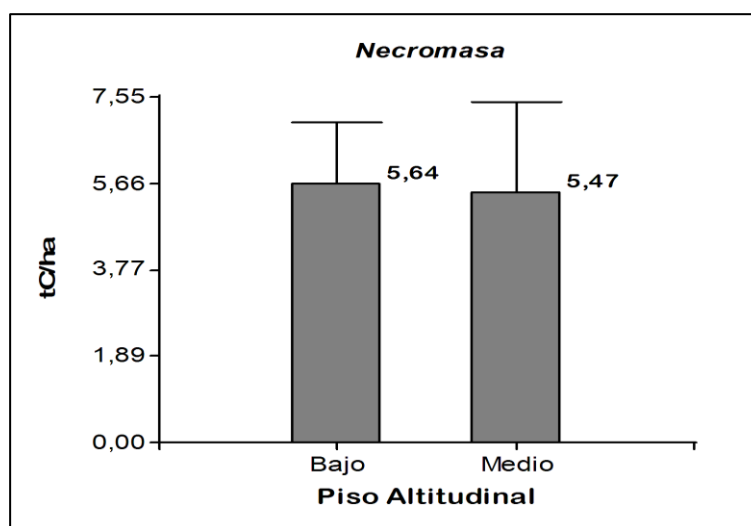


Figura 9. Carbono almacenado en la necromasa por piso altitudinal.

- **Suelo**

Los valores de COS en cada una de las parcelas, corresponden al promedio de los valores obtenidos en los subcuadrantes de cada parcela. En el piso bajo, la parcela III fue la que mayor contenido de carbono almacenó con 117,29 tC/ha. Así mismo, la parcela VI del piso medio fue la de mayor almacenamiento con 146,39 tC/ha. Además, se puede apreciar que la variabilidad de los datos de COS entre parcelas está en función de la densidad aparente del suelo y del porcentaje de carbono orgánico (Tabla 8). Los valores a mayor detalle se encuentran en el Anexo 6.

Tabla 8. Contenido de carbono almacenado en el suelo por parcelas

Piso altitudinal	N° Parcela	MO (%)	DA (g/cm <sup>3</sup> )	Carbono (%)	COS (tC/ha)
Bajo	I	5,33	1,15	2,81	97,15
Bajo	II	4,60	1,15	2,43	83,50
Bajo	III	6,34	1,17	3,34	117,29
Medio	IV	6,35	1,06	3,35	105,23
Medio	V	7,20	1,07	3,80	119,65
Medio	VI	8,99	1,03	4,74	146,39

DA: Densidad Aparente; MO: Materia Orgánica; COS: Carbono orgánico en el suelo.

La Figura 10, muestra los valores promedios y de desviación estándar del carbono almacenado en el suelo en cada piso altitudinal, calculados en base a varios parámetros, como: densidad aparente, profundidad (0-30 cm) y porcentaje de carbono. El piso bajo registró en promedio 99,31 ( $\pm 17,15$ ) tC/ha, mientras que el piso medio presentó un promedio de 123,76 ( $\pm 39,81$ ) tC/ha.

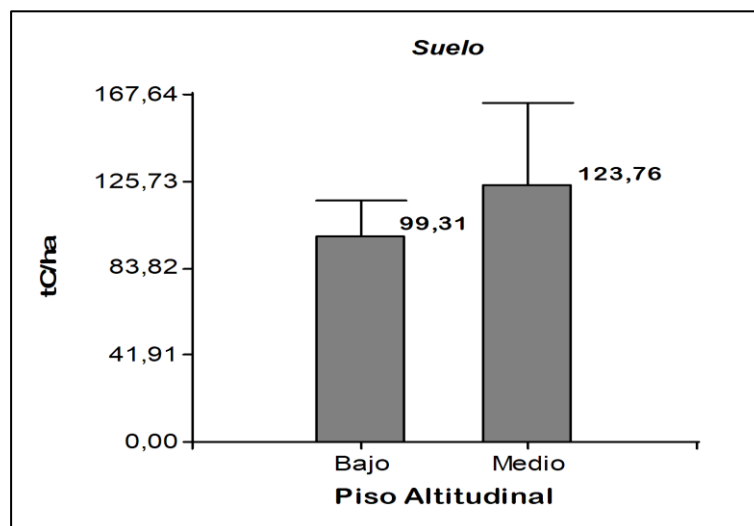


Figura 10. Carbono almacenado en el suelo por piso altitudinal

- **Carbono total almacenado en los sistemas agroforestales de café**

Los valores de carbono total almacenado en cada parcela de estudio, corresponde a la sumatoria de cada uno de los componentes evaluados. La parcela III del piso bajo fue la que mayor contenido de carbono total almacenó con 272,36 tC/ha; 148,37 tC/ha en la biomasa arbórea viva; 6,71 tC/ha en la necromasa y 117,29 tC/ha en el suelo. Por otro lado, en el piso medio; la parcela V fue la de mayor almacenamiento con 297,22 tC/ha; 171,48 tC/ha en la biomasa arbórea viva; 6,08 tC/ha en la necromasa y 119,65 tC/ha en el suelo (Tabla 9).

Tabla 9. Contenido total de carbono almacenado por parcelas

<b>Piso altitudinal</b>	<b>N° Parcela</b>	<b>Biomasa Arbórea (tC/ha)</b>	<b>Necromasa (tC/ha)</b>	<b>Suelo (tC/ha)</b>	<b>Carbono Total (tC/ha)</b>
Bajo	I	128,91	6,03	97,15	232,09
Bajo	II	79,14	4,18	83,50	166,83
Bajo	III	148,37	6,71	117,29	272,36
Medio	IV	109,88	3,03	105,23	218,14
Medio	V	171,48	6,08	119,65	297,22
Medio	VI	117,53	7,29	146,39	271,20

La Figura 11, indica los valores promedios y de desviación estándar del carbono total almacenado en cada piso altitudinal, los mismo que han sido obtenidos en función de los componentes del sistema agroforestal: biomasa arbórea viva, necromasa y suelo. El piso bajo registró en promedio 223,76 ( $\pm 53,26$ ) tC/ha, mientras que el piso medio un promedio de 262,19 ( $\pm 40,30$ ) tC/ha.

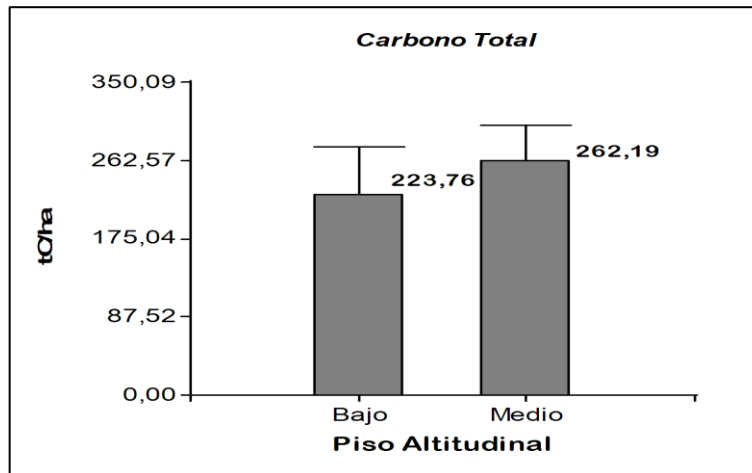


Figura 11. Carbono total almacenado por piso altitudinal.

### **Descripción del perfil de suelo en el sistema agroforestal de café del Piso Bajo**

**Localización:** Barrio Tanijal, cantón Olmedo

**Coordenadas UTM:** N: 9566075,303 E: 651131,730

**Elevación:** 1202,88 msnm

**Topografía:** Fuertemente inclinado, según la clasificación de la FAO (2009)

**Uso de la tierra:** Sistema agroforestal

**Pendiente:** 10- 15 %

**Vegetación natural:** Degradada

**Tipo de riego:** No existe

**Nivel freático:** No se visualiza





Figura 12. Perfil de suelos en el SAF de café del piso altitudinal bajo

De acuerdo al método de observación directa y en comparación con las tablas Munsell (1994), se identificó que el perfil de suelo de 100 cm de profundidad correspondiente al sistema agroforestal de café del piso altitudinal bajo; presenta tres tipos de horizontes (Figura 12). Los mismos que se encuentran descritos en la Tabla 10.

Tabla 10. Descripción de horizontes en el perfil de suelo del piso altitudinal bajo.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-36	7.5 YR 4/1 gris oscuro en húmedo. Es un suelo con alta concentración de materia orgánica y material en descomposición. Sus raíces son medianas y finas muy abundantes. Con presencia de actividad biológica.
B	36-75	10 YR 4/4 marrón amarillento oscuro en húmedo. Es un horizonte de transición, formado por una mezcla de materia orgánica por iluviación del horizonte A y de rocas disgregadas por la migración ascendente del horizonte C. La presencia de este horizonte es un indicativo de suelos maduros. Presenta poca cantidad de raíces medianas y finas. Contiene gran cantidad de rocas filosas debido a la sedimentación por el transporte de material y su cercanía a quebradas lo que indica presencia de suelos aluviales.
C	75-100	10 YR 6/8 amarillo pardo en húmedo. Presenta un suelo con segmentos de rocas disgregadas, carece de raíces finas con una mínima cantidad de raíces medianas que se extienden hasta una profundidad de 90 cm desde la base inicial del perfil.

### Descripción del perfil de suelo en el sistema agroforestal de café del Piso Medio

**Localización:** Barrio Loma Redonda, cantón Olmedo

**Coordenadas UTM:** N: 9565201,536 E: 647625,466

**Elevación:** 1713,60 msnm

**Topografía:** Moderadamente escarpado, según la clasificación de la FAO (2009)

**Uso de la tierra:** Sistema agroforestal

**Pendiente:** 15-30%

**Vegetación natural:** Degradada

**Tipo de riego:** No existe

**Nivel freático:** No se visualiza



Figura 13. Perfil de suelos en el SAF de café del piso altitudinal medio.

Con el método de observación directa y en comparación con las tablas Munsell (1994), se identificó que el perfil de suelo de 100 cm de profundidad correspondiente al sistema agroforestal del piso altitudinal medio; presenta los siguientes horizontes (Figura 13). Los mismos se encuentran descritos en la Tabla 11.

Tabla 11. Descripción de horizontes en el perfil de suelo del piso altitudinal medio

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-39	7.5 YR 4/4 marrón en húmedo. Es un suelo con concentración y acumulación de materia orgánica. Sus raíces son muy abundantes y van desde medianas a finas, distribuidas de forma irregular a lo largo del horizonte. Con presencia de actividad biológica.
Sin identificar	39-100	5 YR 6/8 amarillo rojizo en húmedo. Presenta una gran cantidad de rocas disgregadas gruesas y filosas, distribuidas de forma homogénea en todo el horizonte. Con raíces finas abundantes, sin embargo, carece de raíces medias. Sus raíces se extienden hasta 80 cm desde la base inicial del perfil. Este horizonte no ha sido identificado y designado dado que sus características lo asemejan más a suelo coluvial, debido a la presencia de material rocoso de distintos tamaños producto de la erosión del relieve.

## 6.2. Relación del contenido de carbono almacenado en los componentes del sistema agroforestal con la altitud y diferencias en los dos pisos altitudinales

- **Diferencias en el contenido de carbono almacenado en la biomasa arbórea viva**

La Tabla 12, muestra los valores de la prueba T de Student de comparación, para conocer si existen diferencias significativas entre el carbono almacenado por la biomasa arbórea viva tanto en el piso altitudinal bajo como medio. Se obtuvo un p-valor de 0,6431 mayor al nivel de significancia estadística ( $\alpha = 0,05$ ); valores que permiten la aceptación de la hipótesis nula, es decir existen evidencias estadísticas para afirmar que las medias del contenido de carbono almacenado por la biomasa arbórea viva no difieren en los dos pisos altitudinales.

Tabla 12. Prueba T de Student del carbono almacenado en la biomasa arbórea viva

Grupos	Media	Varianza	n	T	gl	p-valor
Piso Bajo	118,81	1274,76	3	-0,5	4	0,6431
Piso Medio	132,96	1127,28	3			

n: Número de datos; T: Estadístico; gl: Grados de libertad; p-valor: Valor de probabilidad

Con respecto al coeficiente de variación (Tabla 13), se observa que los valores para el carbono en la biomasa arbórea viva en el SAF del piso bajo presentan una mayor variabilidad frente al piso medio. Considerando que los valores para el piso medio son relativamente homogéneos debido a su baja variabilidad, siendo un indicativo de la buena concentración de los valores de carbono obtenidos en campo alrededor de su media. Por otro lado, el SAF del piso bajo presentó una variabilidad mediana asociada a la heterogeneidad de los datos, valores que fueron clasificados en base a los rangos de variabilidad (Tabla 3), expuestos por Larreal (2005) y Larreal (2006).

Tabla 13. Coeficientes de variación de los valores de carbono en la biomasa arbórea viva

PA	n	D.E.	Mín	Máx	CV (%)
Bajo	3	35,70	79,14	148,37	30,05
Medio	3	33,58	109,88	171,48	25,25

PA: Piso Altitudinal; n: Número de datos; DE: Desviación estándar; Mín: Mínimos; Máx: Máximos; CV: Coeficiente de variación

- **Diferencias en el contenido de carbono almacenado en la necromasa**

La Tabla 14, indica los valores obtenidos de la prueba T de Student para el componente necromasa, el p-valor obtenido fue de 0,8653 mayor al nivel de significancia estadística ( $\alpha = 0,05$ ); valores que permiten la aceptación de la hipótesis nula, es decir existen evidencias estadísticas para afirmar que las medias del contenido de carbono almacenado por la necromasa no difieren en los dos pisos altitudinales.

Tabla 14. Prueba T de Student del carbono almacenado por la necromasa

Grupos	Media	Varianza	n	T	gl	p-valor
Piso Bajo	5,64	1,79	6	0,17	10	0,8653
Piso Medio	5,47	3,94	6			

n: Número de datos; T: Estadístico; gl: Grados de libertad; p-valor: Valor de probabilidad

Con respecto a los valores del coeficiente de variación para el carbono en la necromasa (Tabla 15), se observa que el SAF del piso medio presenta una mayor variabilidad frente al piso bajo. Lo que indica que los valores para el piso bajo son relativamente homogéneos debido a su baja variabilidad, siendo un indicativo de la buena concentración de los valores de carbono en torno a su media. Por otro lado, el piso medio presentó una variabilidad mediana lo que se asocia principalmente a la heterogeneidad de los datos.

Tabla 15. Coeficientes de variación de los valores de carbono en la necromasa

PA	n	D.E.	Mín	Máx	CV (%)
Bajo	6	1,34	3,48	7,02	23,73
Medio	6	1,98	2,80	7,36	36,31

PA: Piso Altitudinal; n: Número de datos; DE: Desviación estándar; Mín: Mínimos; Máx: Máximos; CV: Coeficiente de variación

- **Diferencias en el contenido de carbono almacenado en el suelo**

La Tabla 16, indica los valores de la prueba T de Student de comparación en el suelo, resaltando el p-valor obtenido de 0,1973 superior al nivel de significancia estadística ( $\alpha = 0,05$ ); valores que permiten la aceptación de la hipótesis nula, es decir existen evidencias estadísticas para afirmar que las medias del contenido de carbono almacenado en el suelo no difieren en los dos pisos altitudinales.

Tabla 16. Prueba T de Student del carbono almacenado por el suelo

Grupos	Media	Varianza	n	T	gl	p-valor
Piso Bajo	99,31	294,14	6	-1,38	10	0,1973
Piso Medio	123,76	1584,74	6			

n: Número de datos; T: Estadístico; gl: Grados de libertad; p-valor: Valor de probabilidad

El coeficiente de variación en el COS del piso altitudinal bajo presentó una baja variabilidad, lo que se atribuye a datos homogéneos con buena concentración, distribución y agrupación alrededor de la media. Mientras que, el piso medio está asociado a una variabilidad mediana debido a la heterogeneidad de los datos respecto a su media. Siendo a nivel general, el piso medio el que representa una mayor variación frente al piso bajo en este componente (Tabla 17).

Tabla 17. Coeficientes de variación de los valores de carbono en el suelo

PA	n	D.E.	Mín	Máx	CV (%)
Bajo	6	17,15	82,58	124,61	17,27
Medio	6	39,81	74,91	169,07	32,17

PA: Piso Altitudinal; n: Número de datos; DE: Desviación estándar; Min: Mínimos; Máx: Máximos; CV: Coeficiente de variación

- **Diferencias en el contenido de carbono total**

La Tabla 18, indica el análisis de la prueba T de Student de comparación entre el carbono total almacenado en el piso altitudinal bajo y medio, el mismo que presentó un p-valor de 0,3754 mayor al nivel de significancia estadística ( $\alpha = 0,05$ ); valores que permiten la aceptación de la hipótesis nula, es decir existen evidencias estadísticas para afirmar que las medias del contenido de carbono total almacenado no difiere en los dos pisos altitudinales.

Tabla 18. Prueba T de Student del carbono total en los dos pisos altitudinales

Grupos	Media	Varianza	n	T	gl	p-valor
Piso Bajo	223,76	2836,19	3	-1	4	0,3754
Piso Medio	262,19	1624,34	3			

n: Número de datos; T: Estadístico; gl: Grados de libertad; p-valor: Valor de probabilidad

En lo referente al coeficiente de variabilidad (Tabla 19), se observa que los valores de carbono total en el SAF del piso bajo presentó una mayor variabilidad frente al piso medio. No obstante, ambos pisos altitudinales mantienen una homogeneidad en sus datos, lo cual es un indicativo de una buena concentración de los valores alrededor de su media.

Tabla 19. Coeficientes de variación del carbono total en los dos pisos altitudinales

PA	n	D.E.	Mín	Máx	CV (%)
Bajo	3	53,26	166,83	272,36	23,80
Medio	3	40,30	218,14	297,22	15,37

PA: Piso Altitudinal; n: Número de datos; DE: Desviación estándar; Min: Mínimos; Máx: Máximos; CV: Coeficiente de variación

- **Relación del contenido de carbono almacenado en los componentes del sistema agroforestal con la altitud**

En la Tabla 20, se observan los valores del coeficiente de correlación de Pearson entre el carbono almacenado por los componentes del SAF y la altitud. El componente de biomasa arbórea viva presentó una correlación débil positiva, la necromasa una correlación débil negativa, el carbono en el suelo una correlación débil positiva al igual que el carbono total. A su vez, demostrando que los componentes del SAF y el carbono total no presentan correlación

estadística significativa respecto a los pisos altitudinales del sistema agroforestal, debido a que todos sus valores son superiores al nivel de significancia estadística ( $\alpha = 0,05$ ).

Tabla 20. Coeficiente de correlación de Pearson entre la cantidad de carbono almacenado en los componentes del sistema agroforestal con la altitud.

<b>Componente</b>	<b>Correlación de Pearson (r)</b>	<b>p-valor</b>
Biomasa Arbórea viva (tC/ha)	0,24	0,6432 <sup>ns</sup>
Necromasa (tC/ha)	-0,05	0,8653 <sup>ns</sup>
Suelo (tC/ha)	0,40	0,1973 <sup>ns</sup>
Carbono Total (tC/ha)	0,45	0,3754 <sup>ns</sup>

p-valor: Valor de probabilidad; ns: No significativa

## 7. Discusión

En sistemas complejos con alta diversidad arbórea y con presencia de compuestos orgánicos, el sistema agroforestal adquiere un mayor valor (Soto et al., 2002; Pineda et al., 2005), al asociar al cafetal especies de *Inga*, *Erythrina* y musáceas garantiza un alto secuestro de carbono, con una capacidad de almacenamiento de 115,5 tC/ha (Haber, 2001). Bajo este contexto, si analizamos los resultados obtenidos únicamente para la especie de *Inga spectabilis* (Vahl) Willd se observa valores altos de almacenamiento (64,63 tC/ha), similares a los reportados por Hernández et al. (2012) para la especie de *Inga jinicuil* Schltdl. (64,3 tC/ha), esto demuestra que únicamente una especie es capaz de almacenar considerables cantidades de carbono e incluso superiores respecto a sistemas agroforestales de café en todo el componente arbóreo, como en el estudio realizado por Zavala et al. (2018) donde el carbono almacenado para el estrato arbóreo fue de 24,17 tC/ha.

La cantidad de carbono almacenado por la biomasa arbórea viva fue estadísticamente similar en los dos pisos altitudinales, lo que se atribuye a condiciones similares en el diámetro del cafeto, tal como lo menciona Wirth et al. (2004) que en zonas templadas y tropicales; el diámetro de la planta tiende a tener un mayor ajuste, debido a que su altura en muchos de los casos se encuentra influenciada por la edad de las plantaciones y por el entorno competitivo de las mismas. La composición arbórea similar de los dos cultivos es otra de las razones; pese a ser un sistema diversificado comparten en común especies frutales, maderables, además presencia en sus cultivos de especies dominantes de la familia de Bignoniaceae y Fabaceae que tienen alto potencial de secuestro (Hernández et al., 2021). En contexto, la composición arbórea y la abundancia de especies son los principales factores que podrían explicar la igualdad del contenido de carbono en los dos pisos altitudinales (Salas et al., 2020).

La mayor variabilidad de los datos de carbono en el piso bajo puede responder a una baja presencia de musáceas y de individuos respecto al piso medio, Lapeyre et al. (2004) menciona que mientras mayor es el grado de complejidad del sistema mayor es la variación en la dinámica forestal y esto varía de acuerdo a la estructura, número de individuos y estratos. Existen muchas variables ambientales que determinan la presencia de biomasa en los bosques, sin embargo, se desconoce el efecto de la altitud en la dinámica del carbono en rangos altitudinales cortos, es decir menores a <2000 m (Leuschner et al., 2007; Zach et al., 2010), corroborado con el estudio realizado por Salas et al. (2020) en el Bosque y vegetación protector El Artesan - EcuadorianHands donde la altitud no tuvo influencia en el almacenamiento de

carbono, y a su vez, con los obtenidos por Quiñe (2009) en sistemas agroforestales cafetaleros en la Región de San Martín, Perú. Las existencias de carbono en biomasa arbórea encontrada en el estudio presentan valores similares a las estimaciones realizadas por López et al. (2002) en la biomasa aérea de los bosques secundarios de Ecuador, por Corral et al. (2005) en SAF con café en el litoral ecuatoriano, y por Espinoza et al. (2012) en el sistema Café-cedro rosado en el estado de Veracruz, México, con valores de 112 tC/ha, 115 tC/ha y 115 tC/ha respectivamente. Considerando que la similitud de los resultados están en función de las condiciones del lugar, la edad de las plantaciones, la fisiología del cafeto, el clima y el manejo técnico productivo (Ávila, 2000).

El contenido de carbono presente en la necromasa fue estadísticamente similar en ambos pisos altitudinales, posiblemente se atribuye a la alta presencia de especies del género *Inga* quienes se caracterizan por la producción abundante de hojarasca (Nichols & Carpenter, 2006), una elevada capacidad recalcitrante y una baja tasa de descomposición (Leblanc et al., 2006), lo que hace que su permanencia en el suelo sea mayor debido a las características morfológicas, químicas y estructurales de sus hojas (Moro & Domingo, 1996). A ello, se suma la alta predominancia de especies compartidas en especial; musáceas, en ambos pisos altitudinales, por tanto, según Navarro et al. (2005) las especies de mayor presencia en la parte aérea del bosque son las de mayor contribución de hojarasca al suelo. Considerando también la estacionalidad en la que se llevó a cabo el estudio, tal como lo afirma Facelli & Pickett (1991) que la producción y acumulación de hojarasca depende de los patrones estacionales, y a su vez, del tipo de manejo que se le da al sistema (Navarro et al., 2005), que independientemente de la época en que se realizó el deshoje, roce y desbroce en cada sistema agroforestal; mantienen las mismas dinámicas y técnicas en el manejo.

Los altos valores en el coeficiente de variación (CV) en el piso medio podría explicarse a la topografía accidentada del terreno (Anexo 7), lo cual hace que las parcelas ubicadas en las partes más bajas logren retener mayor contenido de necromasa, debido a que el material vegetal muerto de las parcelas de mayor altitud tiende a caer y acumularse por efectos de la pendiente y la precipitación hacia altitudes más bajas (Doll et al., 2008). Otro criterio importante es el control y manejo que se le da al cultivo (Guzmán & Levy, 2009), como las podas y raleos, los mismos que provocan variación en el material que compone la necromasa (Yanai et al., 2003), lo anterior demuestra que la incorporación de residuos al SAF del piso medio presenta un comportamiento heterogéneo es decir, existieron parcelas con mayor y menor presencia de



residuos lo cual incrementa el CV. Por otro lado, la variabilidad baja encontrada para el SAF del piso bajo se asocia a que en el mes de muestreo éste cultivo fue objeto de poda, corte de malezas y deshoje de musáceas lo que asume una mayor presencia e incorporación de material residual de forma homogénea en las parcelas de este piso altitudinal.

En el estudio se observa que no existe la influencia de la altitud en el almacenamiento de carbono para éste componente, muy similar al realizado por Páliz (2016) en la Reserva Uyuca, Honduras, quien no obtuvo diferencias significativas en el rango de 1700 a 2000 msnm, pero si en la altitud de 1600 msnm, a lo que el autor considera a que la composición de hojarasca fue diferente, por estar constituida de cítricos, mientras que en las altitudes superiores; la hojarasca fue proveniente de bosques latifolios y mixtos. Los valores obtenidos en este componente, difieren a los reportados por Mena et al. (2011) en un SAF de café en Costa Rica, cuyos valores van de 1,84 a 2,77 tC/ha. A su vez, del estudio realizado por Espinoza et al. (2012) en un Bosque Caducifolio y sistema Café-Chalahuite con un valor de 1,90 tC/ha y por Callo et al. (2002) en los SAF de café amazónicos con 1,70 tC/ha, posiblemente se debe a la estacionalidad invernal en la que se realizó el muestreo debido a que, conforme aumenta las precipitaciones aumentan la caída de forma prematura de las hojas aumentando la biomasa presente en el suelo (Wood et al., 2005), citado por Lopez et al. (2013), a su vez la densidad arbórea y a las especies presentes en cada estudio (Prescott, 2002). Los valores bajos contrastados y obtenidos en este componente obedecen a que la necromasa es el componente menos importante en términos de almacenamiento (Andrade & Zapata, 2019; Mena et al., 2011), debido a que tiene un aporte entre 4,3 tC/ha a 6,2 tC/ha al año (Ramos et al., 1999) citado por Serrato et al. (2014), no obstante, es la de mayor relevancia debido a que es la fuente principal para la síntesis de enzimas durante la formación de humus, constituida por una fracción lábil que se descompone y se degrada rápidamente (Chavez et al., 2014).

Con respecto COS, los resultados obtenidos para este componente indican que no existen diferencias estadísticas significativas entre estos dos pisos altitudinales, probablemente se atribuye a la profundidad del horizonte orgánico similar en los dos sistemas dado que en condiciones diferentes de profundidad; superiores a 30 cm, el COS cambia y disminuye notablemente (FAO, 2002). Se puede asumir otras variables como el uso de suelo, debido a que ambos sistemas cafetaleros están asociadas a múltiples especies arbóreas y a condiciones edafoclimáticas similares, razón por la cual, Ruiz & Somarriba (2002) señalan que, los valores

de almacenamiento se encuentran condicionados por el uso de suelo, condiciones topográficas y factores climáticos.

Algunos autores mencionan que la heterogeneidad del COS depende de diversos factores, como el uso de suelo, el tipo de suelo (FAO, 2017), los factores ambientales (Guo et al., 2006; Hernández et al., 2014), las especies, el relieve (Galicía et al., 2016) y el tipo de manejo que se le da al suelo (Rees et al., 2005) y, éstas pueden estar inducidas por los cambios en la humedad, precipitación, velocidad de descomposición de la MO y labranza (Lal, 2005). La alta variabilidad en el coeficiente de variación en los datos de COS en el piso medio, posiblemente se debe a que la materia orgánica incorporada al suelo se encuentra en distinto estados de descomposición lo que hace que esta variabilidad sea mayor. Otro criterio importante son las condiciones topográficas, el lugar de estudio se caracteriza por presentar pendientes inclinadas y moderadamente escarpadas, las mismas que pueden provocar influencias en la migración, transporte y acumulación de carbono a lo largo de las parcelas (Lal, 2004).

En el estudio realizado, se observa que la altitud no tuvo influencia en el almacenamiento de carbono, sin embargo, Mena et al. (2011) menciona que el COS aumenta a medida que aumenta la altitud, por la relación directa entre COS y la altitud (Ochoa et al., 2000). A pesar que, no se midió las variables climáticas, como precipitación y temperatura, Pastor et al. (2015) afirma que la altitud guarda una estrecha relación con las variables climáticas, es decir, conforme aumenta la altitud aumentan las precipitaciones pero disminuye la temperatura, este último factor reduce la tasa de descomposición de la materia orgánica y por ende, aumenta la permanencia de carbono en el suelo (Charan et al., 2012).

El estudio realizado por Mena et al. (2011) en un gradiente altitudinal del corredor biológico Volcánica Central-Talamanca, Costa Rica, reportó diferencias significativas en tres pisos altitudinales evaluados a una profundidad de 30 cm; siendo el piso de 1300 m el que presentó mayor contenido de carbono con 136,8 tC/ha. Por otro lado, los datos de COS obtenidos en cada piso altitudinal fueron superiores a los reportados por Zaro et al. (2020) en un sistema agroforestal de café asociados a árboles de caucho a una profundidad de 0-30 cm en el sur de Brasil, el mismo que presentó un valor 70,78 tC/ha y por Betemariyam et al. (2020) en agroecosistemas cafetaleros de Etiopía a la misma profundidad con un valor de 75,15 tC/ha. En contraste, los estudios señalados difieren a los encontrados, probablemente se asume a los distintos tipos de suelo, a las condiciones edafoclimáticas de cada sitio y al asocio de especies diferentes en los SAF de café. A su vez, se reportan valores inferiores a los encontrados por

Chatterjee et al. (2019) en cultivos de café asociada a sombra en Turrialba, Costa Rica evaluado a un 1 m de profundidad con una cantidad de 146,6 tC/ha, ésta diferencia posiblemente se debe a las existencias totales de COS evaluadas a una mayor profundidad. En términos generales, las diferencias de COS reportadas y contrastadas con el estudio dependen de los tipos de suelo de cada sector, condiciones climáticas y el manejo técnico agrícola de cada sistema cafetalero (Jansson & Hofmockel, 2020).

Los sistemas agroforestales tienen la capacidad de almacenar el carbono presente en la atmósfera en cuatro componentes importantes: biomasa aérea, hojarasca, biomasa de raíces y suelo, enfatizando que el carbono total en los componentes tiende a variar constantemente por las entradas y salidas del sistema (Snowdon et al., 2001), el manejo agrícola, la densidad, composición y estructura arbórea, la edad de las plantaciones, el diámetro y la altura de las especies, las mismas que están influenciados por las condiciones socioeconómicas y climáticas (Madountsap et al., 2019; Salgado et al., 2018). Es por ello que, las existencias totales de carbono para los SAF de café de los dos pisos altitudinales estimados fue ligeramente diferente a los estándares internacionales para carbono total en sistemas agroforestales 12 a 228 tC/ha (Albrecht & Kandji, 2003; Dixon, 1995 ) y a los reportados por Ibrahim et al. (2005) quien menciona que la capacidad de secuestro de carbono en los sistemas agroforestales se encuentra en un rango de 20 a 204 tC/ha.

Como consecuencia de lo expuesto en la pregunta de investigación acerca de que piso altitudinal almacena el mayor contenido de carbono en los SAF de café del cantón Olmedo, los resultados indican que no existen diferencias estadísticas significativas en el contenido de carbono total almacenado en ambos pisos altitudinales. A nivel de estratos, el componente de mayor almacenamiento fue la biomasa arbórea viva, seguido del suelo y necromasa. Los altos valores encontrados de carbono en biomasa arbórea viva respecto a los demás componentes, se deben a la alta tasa de absorción de carbono en cada una de las especies asociadas que por lo general, los SAF ejecutan el secuestro de carbono en las especies arbóreas y cultivo; las mismas que dependen de la edad de sus plantaciones (Sanchez et al., 1997), siendo el estrato arbóreo; el componente más evidente a largo plazo en términos de almacenamiento (Timoteo et al., 2016). Considerando que, entre mayor desarrollo y maduración de las plantaciones contribuyen también a una mayor fijación de carbono en el suelo (Farfán, 2007), a través de la incorporación de materia orgánica y los procesos de degradación y descomposición (Martínez et al., 2008).

## 8. Conclusiones

- El carbono almacenado en el piso altitudinal bajo (960-1400 msnm) presentó un total de 223,76 tC/ha distribuidas en 118,81 tC/ha para la biomasa arbórea; 5,64 tC/ha para la necromasa y 99,31 tC/ha para el suelo. Mientras que, el carbono para el piso medio (1400-1800 msnm) registró un total de 262,19 tC/ha; en la biomasa arbórea 132,96 tC/ha, en la necromasa 5,47 tC/ha y en el suelo 123,76 tC/ha.
- Con respecto a las diferencias en el contenido de carbono almacenado por cada uno de los componentes, se observan que no existen diferencias estadísticas significativas en comparación a cada componente entre ambos pisos altitudinales, en la biomasa arbórea se debe a la composición arbórea y abundancia de especies; en la necromasa a la producción de hojarasca por parte de fabáceas y musáceas, a los patrones estacionales y al manejo del sistema; mientras que en el suelo se puede explicar a la profundidad del horizonte orgánico, uso de suelo y condiciones edafoclimáticas similares. En cuanto a las relaciones, se determinó que los componentes del sistema agroforestal (biomasa, necromasa y suelo) no presentan correlación estadística significativa respecto a los pisos altitudinales posiblemente se asume al rango altitudinal corto entre sistemas y a las condiciones climáticas similares.

## 9. Recomendaciones

- En estudios posteriores seleccionar sistemas agroforestales de café en rango altitudinal más amplio, para conocer si existe influencia de la altitud en el almacenamiento de carbono en cada uno de los componentes, a su vez considerar, las condiciones climáticas de cada sistema agroforestal a evaluar.
- En próximos estudios, evaluar la cantidad de carbono almacenado en la estación de verano y, realizar comparaciones con los datos de carbono de este estudio, con la finalidad de conocer las variaciones en la dinámica del carbono respecto a los patrones estacionales.
- En futuras investigaciones evaluar el contenido de carbono en la biomasa radicular debido a que es un componente de poco objeto de estudio que puede representar cantidades de carbono en los SAF de café.
- Al GAD del cantón Olmedo, ejecutar campañas de sensibilidad a los agricultores sobre la importancia de adoptar sistemas agroforestales de café como mecanismos de adaptación al cambio climático, que aparte del servicio de captura de carbono, garantiza a largo plazo altos rendimientos en la productividad del café, constituyendo una fuente importante de ingresos económicos para los caficultores.
- Realizar estudios sobre valoraciones económicas ambientales del servicio de captura de carbono en sistemas agroforestales de café del cantón Olmedo con el fin de potenciar el agroecosistema y que los caficultores puedan acceder a créditos de carbono.
- En estudios próximos, considerar un mayor número de muestras con la finalidad de que los valores tengan un mayor acercamiento a la cantidad real de carbono almacenado.
- A los agricultores que deseen implementar árboles de sombra en su cultivo, asociar especies del género Inga por su alto potencial de secuestro de carbono.
- Ejecutar estudios acerca del desarrollo de ecuaciones y modelos alométricos de las especies más comunes del cantón, para que las estimaciones tengan una mayor proximidad y ajuste a valores reales en términos de biomasa y carbono en dicho componente.

## 10. Bibliografía

- Abbas, F., Hammad, H. M., Fahad, S., Cerdà, A., Rizwan, M., Farhad, W., Ehsan, S., & Bakhat, H. F. (2017). Agroforestry: a sustainable environmental practice for carbon sequestration under the climate change scenarios—a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(12), 11177–11191. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8687-0>
- Alanís, J., Casarrubias, D., Alanís, R., & Lavín, J. (2017). Correlación y regresión lineal de variables climatológicas para el diseño ecotecnologías y arquitectura bioclimática. *Artículo Revista de Arquitectura y Diseño Diciembre*, 1(2), 1–12. [https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Arquitectura\\_y\\_Diseño/vol1num2/Revista\\_de\\_Arquitectura\\_y\\_Diseño\\_V1\\_N2\\_1.pdf](https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Arquitectura_y_Diseño/vol1num2/Revista_de_Arquitectura_y_Diseño_V1_N2_1.pdf)
- Albrecht, A., & Kandji, S. (2003). Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 99(1–3), 15–27. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(03\)00138-5](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(03)00138-5)
- Andrade, H., & Zapata, P. (2019). Mitigation Of Climate Change Of Coffee Production Systems In Cundinamarca, Colombia. *Floresta e Ambiente*, 26(3). <https://doi.org/10.1590/2179-8087.012618>
- Arévalo, L. A., Alegre, J. C., & Palm, C. A. (2003). *Manual determinación de las reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra en Perú*. INIA, Instituto Nacional de Investigación Agraria.
- Ávila, G. (2000). *Fijación y almacenamiento de Carbono en sistemas de café bajo sombra, café a pleno sol, sistemas silvopastoriles y pasturas a pleno sol*.
- Ávila, G., Jiménez, F., Beer, J., Gomez, M., & Ibrahim, M. (2001). Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. *Agroforestería En Las Américas*, 8(30), 32–35. [https://www.researchgate.net/publication/288653502\\_Almacenamiento\\_fijacion\\_de\\_carbono\\_y\\_valoracion\\_de\\_servicios\\_ambientales\\_en\\_sistemas\\_agroforestales\\_en\\_Costa\\_Rica](https://www.researchgate.net/publication/288653502_Almacenamiento_fijacion_de_carbono_y_valoracion_de_servicios_ambientales_en_sistemas_agroforestales_en_Costa_Rica)
- Baker, T., Honorio, E., Phillips, O., Martin, J., van der Heijden, G., Garcia, M., & Silva, J. (2007). Low stocks of coarse woody debris in a southwest Amazonian forest. *Oecologia*, 152(3), 495–504. <https://doi.org/10.1007/s00442-007-0667-5>
- Barrios, A., & López, Y. (2021). *Delimitación y caracterización de áreas potenciales para mercados de carbono (Mc) por reforestación en el Caribe Colombiano*. [Tesis de

Pregrado]. Universidad de la Costa.

- Bautista, E., Ordaz, V., Gutiérrez, E., Hidalgo, C., & Valdés, E. (2016). Carbono en sistemas agroforestales de café, bosque mesófilo de montaña y potrero en Huatusco, Veracruz. *Ecosistemas Terrestres*, 455–461.
- Benjamín, J. A., & Masera, O. (2001). Captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques*, 1(7), 3–12. <https://www.redalyc.org/pdf/617/61770102.pdf>
- Besar, N. A., Suardi, H., Phua, M.-H., James, D., Mokhtar, M. Bin, & Ahmed, M. F. (2020). Carbon Stock and Sequestration Potential of an Agroforestry System in Sabah, Malaysia. *Forests*, 11(2), 210. <https://doi.org/10.3390/f11020210>
- Betemariyam, M., Negash, M., & Worku, A. (2020). Comparative Analysis of Carbon Stocks in Home Garden and Adjacent Coffee Based Agroforestry Systems in Ethiopia. *Small-Scale Forestry*, 19(3), 319–334. <https://doi.org/10.1007/s11842-020-09439-4>
- Burbano, H. (2018). El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(1), 82. <https://doi.org/10.22267/rcia.183501.85>
- Calderón, M., & Rodríguez, C. (2016). *Efecto de la utilización con las asociaciones de gramíneas – leguminosas en (udivi) pasto y forraje, hato bovino de la ESPAM “MFL.”*
- Callo, D., Krishnamurthy, L., & Alegre, J. C. (2002). Secuestro de carbono por sistemas agroforestales amazónicos. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 8(2), 101–106. <https://www.redalyc.org/pdf/629/62980202.pdf>
- Casanova, F., Petit, J., & Solorio, J. (2011). Los sistemas agroforestales como alternativa a la captura de carbono en el trópico mexicano. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, XVII(1), 133–143. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.08.047>
- Chao, K., Phillips, O., Baker, T., Peacock, J., Lopez, G., Vasquez, R., Monteagudo, A., & Torres, A. (2009). After trees die: quantities and determinants of necromass across Amazonia. *Biogeosciences Discuss.* <http://biogeosciences-discuss.net/6/1979/2009/bgd-6-1979-2009.pdf>
- Charan, G., Bharti, V., Jadhav, S., Kumar, S., Angchok, D., Acharya, S., Kumar, P., & Srivastava, R. (2012). Altitudinal variations in soil carbon storage and distribution patterns in cold desert high altitude microclimate of India. *African Journal of Agricultural Research*, 7(47), 6313–6319.
- Chatterjee, N., Nair, P., Nair, V., Bhattacharjee, A., Filho, E. de M., Muschler, R., & Noponen, M. (2019). Do Coffee Agroforestry Systems Always Improve Soil Carbon Stocks Deeper

- in the Soil?—A Case Study from Turrialba, Costa Rica. *Forests*, 11(1), 49. <https://doi.org/10.3390/f11010049>
- Chavez, B., Agustín, M., Gerardo, V., & García Felipe. (2014). Organic matter dynamics and microbial activity during decomposition of forest floor under two native neotropical oak species in a temperate deciduous forest in Mexico. *Geoderma*, 133–145. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.07.005>
- Chu, L., Grafton, R. Q., & Nguyen, H. (2022). A global analysis of the break-even prices to reduce atmospheric carbon dioxide via forest plantation and avoided deforestation. *Forest Policy and Economics*, 135, 102666. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2021.102666>
- COFENAC. (2013). *n del sector cafetalero ecuatoriano: diagnóstico*. Portoviejo, Ecuador.
- Coppini, M. V. (2019). *Calentamiento global, cambio climático y efecto invernadero*. <https://geoinnova.org/blog-territorio/calentamiento-global-cambio-climatico-efecto-invernadero/>
- Corral, R., Duicela, L., & Maza, H. (2005). Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales con café arábigo y cacao, en dos zonas agroecológicas del litoral ecuatoriano. In *X Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo*.
- De Beenhouwer, M., & Honnay, O. (2013). A global meta-analysis of the biodiversity and ecosystem service benefits of coffee and cacao agroforestry. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 175, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.05.003>
- Di Rienzo, J. ., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. . (2018). *InfoStat versión 2018*. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>
- Dixon, R. (1995). Agroforestry systems: sources of sinks of greenhouse gases? *Agroforestry Systems*, 31(2), 99–116. <https://doi.org/10.1007/BF00711719>
- Doll, U., Vallejos, O., Bilbao, N., & Jara, C. (2008). Estimación preliminar de la retención de carbono en raíces finas y mantillo de un renoval de *Nothofagus glauca* de la precordillera andina de la Región del Maule, Chile. *Bosque (Valdivia)*, 29(1). <https://doi.org/10.4067/S0717-92002008000100011>
- Espinoza, W., Krishnamurthy, L., Vázquez-Alarcón, A., & Torres-Rivera, A. (2012). Almacen de carbono en sistemas agroforestales con café. *Revistas Chapingo Seria Ciencias Forestales y Del Ambiente*, XVIII(1), 57–70. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2011.04.030>



- Facelli, J., & Pickett, S. (1991). Plant litter: Its dynamics and effects on plant community structure. *The Botanical Review*, 57(1), 1–32. <https://doi.org/10.1007/BF02858763>
- FAO. (1993). *Forest Resources Assessment 1990, Tropical Countries*.
- FAO. (2002). *Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra*. 33–61. <http://www.fao.org/3/a-bl001s.pdf>
- FAO. (2007). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*. <https://www.fao.org/3/a1200s/A1200S.pdf>
- FAO. (2009). *Guía para la descripción de suelos*. <https://www.fao.org/3/a0541s/a0541s.pdf>
- FAO. (2017). *Carbono Orgánico del Suelo: el potencial oculto*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura Roma, Italia. <https://www.fao.org/3/i6937s/i6937s.pdf>
- FAO. (2018). *El estado de los bosques del mundo - Las vías forestales hacia el desarrollo sostenible*. <https://www.fao.org/3/i9535es/i9535es.pdf>
- FAO. (2020a). *El estado de los bosques del mundo 2020*. FAO and UNEP. <https://doi.org/10.4060/ca8642es>
- FAO. (2020b). *Emissions due to agriculture. Global regional and country trends 2000-2018*. FAOSTAT Analytical Brief Series. <https://www.fao.org/3/cb3808en/cb3808en.pdf>
- Farfán, F. (2007). Producción de café en sistemas agroforestales. In *Chinchiná: Cenicafe*.
- Farfán, Fernando. (2014). *Agroforestería y Sistemas Agroforestales con Café*. [https://www.cenicafe.org/es/publications/Agroforestería\\_y\\_sistemas\\_agroforestales\\_con\\_café.pdf](https://www.cenicafe.org/es/publications/Agroforestería_y_sistemas_agroforestales_con_café.pdf)
- Farfán, M., Rodríguez, G., Cuervo, A., & Tania, E. (2020). Cambio de uso de suelo: afectaciones y procesos. In *ResearchGate*. [https://www.researchgate.net/publication/339241029\\_Cambio\\_de\\_uso\\_de\\_suelo\\_afectaciones\\_y\\_procesos](https://www.researchgate.net/publication/339241029_Cambio_de_uso_de_suelo_afectaciones_y_procesos)
- Fonseca, Alice, F., Montero, J., Toruño, H., & LeBlanc, H. (2008). Acumulación de biomasa y carbono en bosques secundarios y plantaciones forestales de *Vochysia guatemalensis* e *Hieronyma alchorneoides* en el Caribe de Costa Rica. *Agroforesteria De Las Américas*, 46, 58–61.
- GAD Olmedo. (2014). *Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Olmedo*.
- GAD Olmedo. (2020). *Actualización del Plan de Actualización del Plan de Desarrollo y*

- Ordenamiento Territorial del Cantón Olmedo. Diagnóstico estratégico de Olmedo.*  
[https://molmedo.gob.ec/molmedo.gob.ec/pablo.merchan/TRANSPARENCIA/ANEXOS  
 GENERALES NORMATIVAS/PDOT/PDOT DIAGNOSTICO ESTRATEGICO 2019-  
 2023.pdf](https://molmedo.gob.ec/molmedo.gob.ec/pablo.merchan/TRANSPARENCIA/ANEXOS%20GENERALES%20NORMATIVAS/PDOT/PDOT%20DIAGNOSTICO%20ESTRATEGICO%202019-2023.pdf)
- Galicia, L., Gamboa, A., Cram, S., Chávez, B., Peña, V., Saynes, V., & Christina, S. (2016). Almacén y dinámica del carbono orgánico del suelo en bosques templados de México. *Terra Latinoamericana*, 34(1), 1–29. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792016000100001](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792016000100001)
- Garrett, H. (2009). *North American Agroforestry: An Integrated Science and Practice 2nd Edition*. American Society of Agronomy.
- Gayoso, J., & Guerra, J. (2005). Contenido de carbono en la biomasa aérea de bosques nativos en Chile. *Bosque (Valdivia)*, 26(2). <https://doi.org/10.4067/S0717-92002005000200005>
- Gomes, L. C., Bianchi, F. J. J. A., Cardoso, I. M., Fernandes, R. B. A., Filho, E. I. F., & Schulte, R. P. O. (2020). Agroforestry systems can mitigate the impacts of climate change on coffee production: A spatially explicit assessment in Brazil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 294, 106858. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106858>
- Griffiths, R., Madritch, M., & Swanson, A. (2009). The effects of topography on forest soil characteristics in the Oregon Cascade Mountains (USA): Implications for the effects of climate change on soil properties. *Forest Ecology and Management*, 257(1), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.08.010>
- Guo, Y., Amundson, R., Gong, P., & Yu, Q. (2006). Quantity and Spatial Variability of Soil Carbon in the Conterminous United States. *Soil Science Society of America Journal*, 70(2), 590–600. <https://doi.org/10.2136/sssaj2005.0162>
- Guzmán, G., & Levy, A. (2009). Producción de biomasa y nutrientes que genera la poda en sistemas agroforestales sucesionales y tradicionales con cacao, Alto Beni, Bolivia. *Acta Nova*, 4(2), 263–280. [http://www.scielo.org.bo/pdf/ran/v4n2-3/v4n2-3\\_a05.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/ran/v4n2-3/v4n2-3_a05.pdf)
- Haber, J. (2001). *International MBA. Informe de la Finca Santa Elena, productora de café orgánico. Tapachula, Chis., México.*
- Hairiah, K., Dewi, S., Agus, F., Ekadinata, A., Rahayu, S., Van Noordwijk, M., & Velarde, S. (2011). Measuring Carbon stocks across land use systems: A manual (Part A). In *Measuring Carbon Stocks Across Land Use Systems: A Manual*.

- Hairiah, K., Sitompul, S. M., Noordwijk, M., & Palm, C. (2001). *Methods for sampling carbon stocks above and below ground*. <https://www.asb.cgiar.org/PDFwebdocs/LectureNotes/ASB-LN-4B-Hairiah-et-al-2001-Methods-sampling-carbon-stocks.pdf>
- Harmon, M., Franklin, J., Swanson, F., Sollins, P., Gregory, S., Lattin, J., Anderson, N., Cline, S., Aumen, N., Sedell, J., Lienkaemper, G., Cromack, K., & Cummins, K. (1986). Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Advances in Ecological Research*, 133–302.
- Hernández, E., Campos, G., Enríquez, J., Rodríguez, G., & Velasco, V. (2012). Captura de carbono por Inga jinicuil Schltdl. En un sistema agroforestal de café bajo sombra. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 3(9), 12–21. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v3n9/v3n9a2.pdf>
- Hernández, G., Manson, R., & Hernández, A. (2013). Quantitative classification of coffee agroecosystems spanning a range of production intensities in central Veracruz, Mexico. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201301688373>
- Hernández, H., Andrade, H., Suárez, J., Sánchez, J., Gutiérrez, D., Gutiérrez, G., Trujillo, E., & Casanoves, F. (2021). Almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales en los Llanos Orientales de Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 69(1). <https://doi.org/10.15517/rbt.v69i1.42959>
- Hernández, J., Tirado, D., & Beltrán, I. (2014). Captura de carbono en los suelos. *PÄDI Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías Del ICBI*, 1(2). <https://doi.org/10.29057/icbi.v1i2.506>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (S. Edición (ed.)).
- Honorio, E., & Baker, T. (2010). *Manual para el monitoreo del ciclo del carbono en bosques amazónicos*. [https://rainfor.org/upload/ManualsSpanish/Honorio\\_Baker2010\\_Manual\\_carbono.pdf](https://rainfor.org/upload/ManualsSpanish/Honorio_Baker2010_Manual_carbono.pdf)
- Ibrahim, M., Chacón, M., Mora, J., Zamora, S., Gobbi, J., Llanderal, T., Harvey, A., Murgueitio, E., Casasola, F., Villanueva, C., & Ramirez, E. (2005). *Opportunities for carbon sequestration and conservation of water resources on landscapes dominated by cattle production in Central America*. Henry A. Wallace/CATIE Inter-American Scientific

- Conference Series. Integrated management of environment services in.*
- INIAP. (2010). *Programa nacional de cacao*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/>
- IPCC. (2003). *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*. <https://www.ipcc.ch/publication/good-practice-guidance-for-land-use-land-use-change-and-forestry/>
- IPCC. (2013). *Cambio climático: bases físicas*. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5\\_SummaryVolume\\_FINAL\\_SPANISH.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf)
- IPCC. (2014). *Cambio climático: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas*. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5\\_wgII\\_spm\\_es-1.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5_wgII_spm_es-1.pdf)
- Jansson, J., & Hofmockel, K. (2020). Soil microbiomes and climate change. *Nature Reviews Microbiology*, 18(1), 35–46. <https://doi.org/10.1038/s41579-019-0265-7>
- Jezeer, R., & Verweij, P. (2015). *Café en sistemas Agroforestales- Doble dividendo para la biodiversidad y los pequeños agricultores en Perú*. [https://www.researchgate.net/publication/301694184\\_Cafe\\_en\\_sistemas\\_Agroforestales-\\_Doble\\_dividendo\\_para\\_la\\_biodiversidad\\_y\\_los\\_pequenos\\_agricultores\\_en\\_Peru](https://www.researchgate.net/publication/301694184_Cafe_en_sistemas_Agroforestales-_Doble_dividendo_para_la_biodiversidad_y_los_pequenos_agricultores_en_Peru)
- Jha, S., Bacon, C. M., Philpott, S. M., Ernesto Méndez, V., Läderach, P., & Rice, R. A. (2014). Shade Coffee: Update on a Disappearing Refuge for Biodiversity. *BioScience*, 64(5), 416–428. <https://doi.org/10.1093/biosci/biu038>
- Jha, S., Bacon, C. M., Philpott, S. M., Rice, R. A., Méndez, V. E., & Läderach, P. (2011). *A Review of Ecosystem Services, Farmer Livelihoods, and Value Chains in Shade Coffee Agroecosystems* (pp. 141–208). [https://doi.org/10.1007/978-94-007-1309-3\\_4](https://doi.org/10.1007/978-94-007-1309-3_4)
- Kirby, K. R., & Potvin, C. (2007). Variation in carbon storage among tree species: Implications for the management of a small-scale carbon sink project. *Forest Ecology and Management*, 246(2–3), 208–221. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.03.072>
- Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, 123(1–2), 1–22. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.01.032>
- Lal, R. (2005). Forest soils and carbon sequestration. *Forest Ecology and Management*, 220(1–3), 242–258.
- Lal, R. (2008). Sequestration of atmospheric CO<sub>2</sub> in global carbon pools. *Energy & Environmental Science*, 1(1), 86. <https://doi.org/10.1039/b809492f>

- Lapeyre, T., Alegre, J., & Arévalo, L. (2004). Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Perú. *Ecología Aplicada*, 3(2), 35–44. <https://www.redalyc.org/pdf/341/34130206.pdf>
- Larreal, M. (2005). *Definición y establecimiento de la serie San Francisco en la altiplanicie de Maracaibo, sector semiárido*.
- Larreal, M. (2006). *Definición y establecimiento de la serie Los Cortijos en el sector semiárido de la altiplanicie de Maracaibo. Diplomado Estudios Avanzados*.
- LASAB. (2013). *Metodologías de Análisis Físico – Químico del Suelo*.
- Leblanc, H., Nygren, P., & McGraw, R. (2006). Green mulch decomposition and nitrogen release from leaves of two Inga spp. in an organic alley-cropping practice in the humid tropics. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(2), 349–358. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.05.012>
- Leuschner, C., Moser, G., Bertsch, C., Röderstein, M., & Hertel, D. (2007). Large altitudinal increase in tree root/shoot ratio in tropical mountain forests of Ecuador. *Basic and Applied Ecology*, 8(3), 219–230. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2006.02.004>
- Liu, W., Bryant, D., Hutyrá, L., Saleska, S., Hammond-Pyle, E., Curran, D., & Wofsy, S. (2006). Woody debris contribution to the carbon budget of selectively logged and maturing mid-latitude forests. *Oecologia*, 148(1), 108–117. <https://doi.org/10.1007/s00442-006-0356-9>
- Livia, C., & Kheffinir, X. (2014). *Carbono almacenado en la biomasa aérea por gradiente altitudinal en plantaciones de café (coffea arabica) en el Distrito de Hermilio Valdizán*. [https://web2.unas.edu.pe/sites/default/files/web/archivos/actividades\\_academicas/PRACTICA\\_PRE\\_PROFESIONAL.pdf](https://web2.unas.edu.pe/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/PRACTICA_PRE_PROFESIONAL.pdf)
- Lopez, J., González, H., Ramírez, R., Silva, I., Gómez, M., Pando, M., & Estrada, E. (2013). Producción de hojarasca y retorno potencial de nutrientes en tres sitios del estado de Nuevo León, México. *Polibotánica*, 41–64. [https://www.researchgate.net/publication/270005884\\_Produccion\\_de\\_hojarasca\\_y\\_retorno\\_potencial\\_de\\_nutrientes\\_en\\_tres\\_sitios\\_del\\_estado\\_de\\_Nuevo\\_Leon\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/270005884_Produccion_de_hojarasca_y_retorno_potencial_de_nutrientes_en_tres_sitios_del_estado_de_Nuevo_Leon_Mexico)
- López, M., Koning, F. de, Paredes, H., & Benítez, P. (2002). *Estimación de carbono en biomasa de bosques secundarios y plantaciones forestales en el noroccidente de Ecuador. GTZ. Eschborn, Alemania*.
- Madountsap, N., Zapfack, L., Chimi, C., Kabelong, L., Forbi, F., Tsopmeji, I., Tajeukem, C.,

- Ntonmen, A., Tabue, R., & Nasang, J. (2019). Carbon storage potential of cacao agroforestry systems of different age and management intensity. *Climate and Development, 11*(7), 543–554. <https://doi.org/10.1080/17565529.2018.1456895>
- Martínez, E., Fuentes, J., & Acevedo, E. (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Revista de La Ciencia Del Suelo y Nutrición Vegetal, 8*(1), 68–96. <https://doi.org/10.4067/S0718-27912008000100006>
- Masuhara, A., Valdés, E., Pérez, J., Gutiérrez, D., Cútberto, J., Salcedo, E., Juárez, M., & Merino, A. (2015). Carbono almacenado en diferentes sistemas agroforestales de café en Huatusco, Veracruz, México. *Amazónica, Ciencia y Tecnología, 4*(1), 66–93.
- Mena, V., Andrade, H., & Navarro, C. (2011). Biomasa y carbono almacenado en sistemas agroforestales con café y en bosques secundarios e un gradiente altitudinales en Costa Rica. *Agroforesteria Neotropical, 1*. <http://revistas.ut.edu.co/index.php/agroforesteria/article/view/11/11>
- Mohammed, A., & Bekele, L. (2014). Changes in Carbon Stocks and Sequestration Potential under Native Forest and Adjacent Land use Systems at Gera, South- Western Ethiopia. *Global Journal of Science Frontier Research: D Agriculture and Veterinary, 14*(10). [https://globaljournals.org/GJSFR\\_Volume14/2-Changes-in-Carbon-Stocks.pdf](https://globaljournals.org/GJSFR_Volume14/2-Changes-in-Carbon-Stocks.pdf)
- Moro, M., & Domingo, F. (1996). Descomposición de hojarasca en la leguminosa *Adenocarpus decorticans*: pérdida de peso y dinámica de los nutrientes. *Mediterránea. Serie de Estudios Biológicos, 15*, 13–19. <https://doi.org/10.14198/MDTRRA1996.15.02>
- Munsell. (1994). *Munsell soil color charts*. <https://www.southsuburbanairport.com/Environmental/pdf2/Part4-References/Reference16MunsellColorCharts/MunsellColorChart.pdf>
- Nair, P., Kumar, B., & Nair, V. (2009). Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 172*(1), 10–23. <https://doi.org/10.1002/jpln.200800030>
- Nair, P., Nair, V., Mohan, B., & Showalter, J. (2010). *Carbon Sequestration in Agroforestry Systems* (pp. 237–307). [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(10\)08005-3](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(10)08005-3)
- Navarro, C., Pérez, I., & Marañón, T. (2005). Aporte de hojarasca al suelo en un bosque mediterráneo. *Almoraima: Revista de Estudios Campo Gibraltareños, 31*, 119–127.
- Nichols, J., & Carpenter, F. (2006). Interplanting *Inga edulis* yields nitrogen benefits to *Terminalia amazonia*. *Forest Ecology and Management, 233*((2-3)), 344–351.

- Ochoa, G., Sosa, J., Sánchez, J., Velasquez, J., Manrique, J., & Oballos, J. (2000). Variación del carbono orgánico en función de la altitud. Cuenca del río Santo Domingo. Mérida-Barinas, Venezuela. *Revista Geográfica Venezolana*, 41(1), 79–87.
- OECC. (2019). *Cambio Climático y Uso de la Tierra. Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio para la Transición Ecológica*. [https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/guia-informe-especial-ipcc-usodelatierra\\_tcm30-504679.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/guia-informe-especial-ipcc-usodelatierra_tcm30-504679.pdf)
- Opitz, M. (2018). *Coffee and Deforestation - Hanns R. Neumann Stiftung*. <http://www.hrnstiftung.org/coffee-and-deforestation/>
- Ordóñez, J. (1999). *Captura de Carbono en un Bosque Templado: El Caso de San Juan Nuevo, Michoacán* (3<sup>a</sup> ed). Instituto Nacional de Ecología.
- Palace, M., Keller, M., Asner, G. P., Silva, J. N. M., & Passos, C. (2007). Necromass in undisturbed and logged forests in the Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 238(1–3), 309–318. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.10.026>
- Páliz, P. (2016). *Efecto de la altitud en el contenido de carbono orgánico en el suelo y hojarasca de la Reserva Biológica Uyuca, Zamorano, Honduras*. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5743/1/IAD-2016-T034.pdf>
- Pandey, D. (2002). Carbon sequestration in agroforestry systems. *Climate Policy*, 2(4), 367–377. <https://doi.org/10.3763/cpol.2002.0240>
- Pardos, J. (2010). *Los ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento global*. [http://infobosques.com/portal/wp-content/uploads/2017/01/60587OT\\_LIBRO\\_WEB\\_1277883079734.pdf](http://infobosques.com/portal/wp-content/uploads/2017/01/60587OT_LIBRO_WEB_1277883079734.pdf)
- Paredes, N., Astorga, C., Fernández, F., & Vera, A. (2018). *El rol de los sistemas agroforestales en la conservación del suelo, biodiversidad, producción de agua, y almacenamiento de carbono*. [https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5449/1/El rol de los sistemas agroforestales en la conservación del suelo%2C biodiversidad%2C producción de agua%2C.pdf](https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5449/1/El%20rol%20de%20los%20sistemas%20agroforestales%20en%20la%20conservaci%C3%B3n%20del%20suelo%20biodiversidad%20producci%C3%B3n%20de%20agua.pdf)
- Parry, M., Palutikof, J., Canziani, O., Linden, P. van der, & Hanson, C. (2007). *Contribution of working group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- Pastor, J., Rivas, W., Martínez, A., Campos, Y., & Márquez, E. (2015). Carbono orgánico del suelo en un gradiente altitudinal en la Península de Paraguaná, Venezuela. *Multiciencias*,

- 15(3), 271–278. <https://www.redalyc.org/pdf/904/90444727005.pdf>
- Pineda, del R., Ortíz, G., & Sánchez, L. (2005). Los cafetales y su papel en la captura de carbono: un servicio ambiental aún no valorado en Veracruz. *Madera y Bosques*, 11(2), 3–14. <https://www.redalyc.org/pdf/617/61711201.pdf>
- Pinoargote, M. (2022). *Sistemas agroforestales con café: el rol de los árboles en la provisión de servicios ecosistémicos*. (pp. 10–29). [https://www.researchgate.net/publication/358443681\\_Sistemas\\_agroforestales\\_con\\_cafe\\_el\\_rol\\_de\\_los\\_arboles\\_en\\_la\\_provision\\_de\\_servicios\\_ecosistemicos](https://www.researchgate.net/publication/358443681_Sistemas_agroforestales_con_cafe_el_rol_de_los_arboles_en_la_provision_de_servicios_ecosistemicos)
- Pinoargote, M., Cerda, R., Mercado, L., Aguilar, A., Barrios, M., & Somarriba, E. (2017). Carbon stocks, net cash flow and family benefits from four small coffee plantation types in Nicaragua. *Forests, Trees and Livelihoods*, 26(3), 183–198. <https://doi.org/10.1080/14728028.2016.1268544>
- PNUMA. (2020). *Informe sobre la brecha en las emisiones del 2020. Resumen*. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/34438/EGR20ESS.pdf?sequence=35>
- Ponce, L., Acuña, I., Proaño, W., & Orellana, K. (2018). The coffee agroforestry system. Its importance for the agro-alimentary and nutritional security in Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 6(1), 116–129. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2310-34692018000100116&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2310-34692018000100116&script=sci_arttext&tlng=en)
- Prescott, C. (2002). The influence of the forest canopy on nutrient cycling. *Tree Physiology*, 22(15–16), 1193–1200. <https://doi.org/10.1093/treephys/22.15-16.1193>
- PRO-Ecuador. (2013). *Análisis Sectorial de Café. Ecuador*.
- Quiñe, P. (2009). *Cuantificación de biomasa y reserva de carbono en sistemas agroforestales de “café” (Coffea arabica L.) en dos pisos altitudinales* [Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú.]. <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/UNSM/1131>
- Rees, R., Bingham, I., Baddeley, J., & Watson, C. (2005). The role of plants and land management in sequestering soil carbon in temperate arable and grassland ecosystems. *Geoderma*, 128(1–2), 130–154. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.12.020>
- Rodgers, L. (2018). *La enorme fuente de emisiones de CO2 que está por todas partes y que quizás no conocías - BBC News Mundo*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-46594783>
- Rügnitz, M., Chacón, M., & Porro, R. (2009). *Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales*. Centro Mundial Agroforestal (ICRAF)/Consorcio



Iniciativa Amazónica (IA).

- Ruiz, F., & Somarriba, A. (2002). *Evaluación del efecto de la práctica de no quema en el almacenamiento de carbono y la fertilidad de suelos en las comunidades de Las Cámaras y Sabana Larga, Estelí, Nicaragua*. Universidad centro americana. Managua, Nicaragua.
- Salas, C., Montes, K., Sánchez, G., Alcívar, W., Murillo, A., Vera, F., Bolcato, D., & Iglesias, S. (2020). Influence of the altitudinal gradient on the estimation of carbon stocks in above-ground live biomass and in the soils of the “Bosque y vegetación protector El Artesan - EcuadorianHands”. *Joa, Jipijapa. Ecosistemas*, 29(2). <https://doi.org/10.7818/ECOS.1973>
- Salgado, M., Ruiz, C., Moreno, J., Irena, B., & Aguirre, J. (2018). Captura de carbono en biomasa aérea de árboles de sombra asociados a *Coffea arabica* L. en el Soconusco Chiapas, México. *AgroProductividad*, 11(2), 120–126.
- Sanchez, P., Buresh, R., & Leakey, R. (1997). Trees, soils, and food security. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 352(1356), 949–961. <https://doi.org/10.1098/rstb.1997.0074>
- Schlegel, B., Gayoso, J., & Guerra, J. (2001). *Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales*. [https://www.ccmss.org.mx/wp-content/uploads/2014/10/Manual\\_de\\_procedimiento\\_para\\_inventarios\\_de\\_carbono\\_en\\_ecosistemas\\_forestales.pdf](https://www.ccmss.org.mx/wp-content/uploads/2014/10/Manual_de_procedimiento_para_inventarios_de_carbono_en_ecosistemas_forestales.pdf)
- Serrato, R., Adame, S., López, J., & Flores, D. (2014). Carbono orgánico de la hojarasca en los bosques de la reserva de la Biósfera Mariposa Monarca, caso santuario sierra Chincua, México. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 5(1), 32–45.
- Sione, S., Andrade, H., Wilson, M., Rosenberger, L., Sasal, M., Ledesma, S., & Gabioud, E. (2021). Reducción de emisiones de carbono por deforestación evitada en bosques del Espinal (Entre Ríos, Argentina). *Colombia Forestal*, 24(2), 39–51. <https://doi.org/10.14483/2256201X.16166>
- Smith, T., & Smith, R. (2007). *Ecología* (6<sup>a</sup> ed). Pearson Educación. S.A.,
- Snowdon, P., Raison, R., Keith, H., Ritson, P., Grierson, P., Adams, M., Montagu, K., Bi, H.-Q., Burrows, W., & Eamus, D. (2001). *Protocol for sampling tree and stand biomass. Australia, Australian Greenhouse Office*.
- Soto, L., Perfecto, I., & Caballero, J. (2002). Shade over coffee: its effects on berry borer, leaf rust and spontaneous herbs in Chiapas, Mexico. *Agroforestry Systems*, 55(1), 37–45.
- Timoteo, K., Remuzgo, J., Valdivia, L., Sales, F., García, D., & Abanto, C. (2016). *Estimación*

*del carbono almacenado en tres sistemas agroforestales durante el primer año de instalación en el Departamento de Huanúco. 25(1), 45–54.*

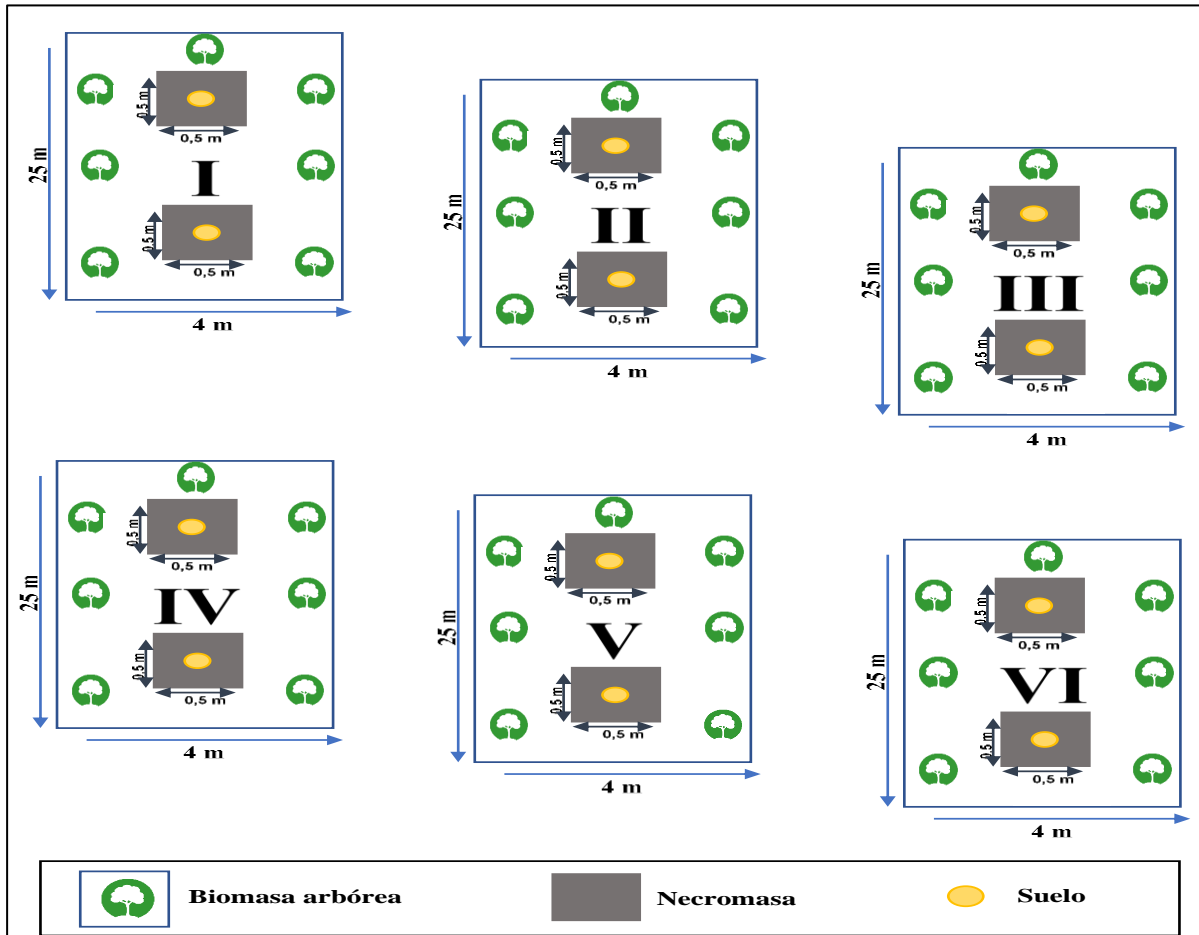
- Trofymow, J., Moore, T., Titus, B., Prescott, C., Morrison, I., Siltanen, M., Smith, S., Fyles, J., Wein, R., Camiré, C., Duschene, L., Kozak, L., Kranabetter, M., & Visser, S. (2002). Rates of litter decomposition over 6 years in Canadian forests: influence of litter quality and climate. *Canadian Journal of Forest Research, 32(5), 789–804.* <https://doi.org/10.1139/x01-117>
- Vagen, T., Lal, R., & Singh, B. (2005). Soil carbon sequestration in sub-Saharan Africa: a review. *Land Degradation & Development, 16, 53–71.* <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ldr.644>
- Villa, P., Martins, S., de Oliveira, S., Rodrigues, A., Hernández, E., & Kim, D.-G. (2020). Policy forum: Shifting cultivation and agroforestry in the Amazon: Premises for REDD+. *Forest Policy and Economics, 118.* <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102217>
- Villavicencio, L., & Valdez, J. (2003). Análisis de la estructura arbórea del sistema agroforestal rusticano de café en san miguel, Veracruz, México. *Agrociencia, 37, 413–423.* <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30237410>
- Visconti, F., & De Paz, J. (2017). Estimación de la capacidad potencial de secuestro y emisión de CO<sub>2</sub> de los suelos agrícolas de la Comunidad Valenciana. *Ecosistemas, 26, 91–100.*
- Walkley, A., & Black, I. A. (1947). An examination of the deghareff method for determining soil organic and a proposed modification of chromic acid titration method. *Soil Science, 37, 29–38.*
- Wirth, C., Schumacher, J., & Schulze, E.-D. (2004). Generic biomass functions for Norway spruce in Central Europe - A meta-analysis approach toward prediction and uncertainty estimation. *Tree Physiology, 24(2), 121–139.* <https://doi.org/10.1093/treephys/24.2.121>
- Yanai, R., Currie, W., & Goodale, C. (2003). Soil Carbon Dynamics after Forest Harvest: An Ecosystem Paradigm Reconsidered. *Ecosystems, 6(3), 197–212.* <https://doi.org/10.1007/s10021-002-0206-5>
- Yirdaw, M. (2018). Carbon Stock Sequestered by Selected Tree Species Plantations in Wondo Genet College, Ethiopia. *Journal of Earth Science & Climatic Change, 09(05), 1–5.* <https://doi.org/10.4172/2157-7617.1000472>
- Yu, H., Zha, T., Zhang, X., & Ma, L. (2019). Vertical distribution and influencing factors of soil organic carbon in the Loess Plateau, China. *Science of The Total Environment, 693.*

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133632>

- Zach, A., Horna, V., Leuschner, C., & Zimmermann, R. (2010). Patterns of wood carbon dioxide efflux across a 2,000-m elevation transect in an Andean moist forest. *Ecologia*, *162*(1), 127–137. <https://doi.org/10.1007/s00442-009-1438-2>
- Zaro, G. C., Caramori, P. H., Yada Junior, G. M., Sanquetta, C. R., Filho, A. A., Nunes, A. L. P., Prete, C. E. C., & Voroney, P. (2020). Carbon sequestration in an agroforestry system of coffee with rubber trees compared to open-grown coffee in southern Brazil. *Agroforestry Systems*, *94*(3), 799–809. <https://doi.org/10.1007/s10457-019-00450-z>
- Zavala, J., Zavala, S., & Mansilla, L. (2018). Estimación de la biomasa y carbono almacenado en un sistema agroforestal del cafetal de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. *RevIA*, *8*(5), 1–8. <https://revistas.unas.edu.pe/index.php/revia/article/view/200>
- Zou, K., Tuncali, K., & Silverman, S. (2003). Correlation and Simple Linear Regression. *Radiology*, *227*(3), 617–628. <https://doi.org/10.1148/radiol.2273011499>

## 11. Anexos

Anexo 1. Distribución de las parcelas de estudio para evaluar los componentes de biomasa, necromasa y suelo en los dos pisos altitudinales



Anexo 2. Número de individuos registrados en los sistemas agroforestales de café

Nombre científico	Nro. de Individuos		Nro. Individuos totales
	PB	PM	
<i>Coffea arabica</i> L.	174	132	306
<i>Musa x paradisiaca</i> L.	28	56	84
<i>Cupania americana</i> L.	0	10	10
<i>Inga spectabilis</i> (Vahl) Willd.	9	0	9
<i>Albizia multiflora</i> (Kunth) Barneby & J.W.Grimes	5	0	5
<i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don	1	3	4
<i>Cnidioscolus aconitifolius</i> (Mill.) I.M.Johnst	2	0	2
<i>Inga oerstediana</i> Benth	0	2	2
<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	2	0	2
<i>Carica papaya</i> L.	2	0	2
<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schldtl.	0	2	2
<i>Cedrela odorata</i> L.	0	1	1
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	0	1	1
<i>Citrus x aurantium</i> L.	0	1	1
<i>Juglans neotropica</i> Diels	0	1	1
<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	1	0	1
<i>Erythrina velutina</i> Willd.	1	0	1
<i>Vasconcellea stipulata</i> (V.M. Badillo) V.M. Badillo	0	1	1
<b>Total</b>	<b>225</b>	<b>210</b>	<b>435</b>

PB: Piso Bajo; PM: Piso Medio.

Anexo 3. Contenido de carbono almacenado por las especies forestales en las parcelas de los SAF de café de los dos pisos altitudinales

Piso altitudinal	N° Parcela	N. Científico	N.Común	tC/ha
Bajo	I	<i>Inga spectabilis</i> (Vahl) Willd.	Guabo machetón	63,92
Bajo	I	<i>Albizia multiflora</i> (Kunth) Barneby & J.W.Grimes	Cano cano	45,84
Bajo	I	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don	Arabisco	9,30
Bajo	I	<i>Coffea arabica</i> L.	Café	6,38
Bajo	I	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	Banano	3,48
Bajo	II	<i>Erythrina velutina</i> Willd.	Porotillo	24,52
Bajo	II	<i>Inga spectabilis</i> (Vahl) Willd.	Guabo machetón	20,40
Bajo	II	<i>Cnidioscolus aconitifolius</i> (Mill.) I.M.Johnst	Chaya	18,81
Bajo	II	<i>Coffea arabica</i> L.	Café	10,79
Bajo	II	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	Banano	3,06
Bajo	II	<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	Pomarroso	1,14
Bajo	II	<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	Maco maco	0,44
Bajo	III	<i>Inga spectabilis</i> (Vahl) Willd.	Guabo machetón	64,63
Bajo	III	<i>Albizia multiflora</i> (Kunth) Barneby & J.W.Grimes	Cano cano	30,91
Bajo	III	<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	Maco maco	28,36
Bajo	III	<i>Coffea arabica</i> L.	Café	17,15
Bajo	III	<i>Carica papaya</i> L.	Papayo	4,57
Bajo	III	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	Banano	2,75
Medio	IV	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	31,25
Medio	IV	<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro	30,49
Medio	IV	<i>Junglans neotropica</i> Diels	Nogal	23,15
Medio	IV	<i>Citrus x aurantium</i> L.	Naranja agrio	9,46
Medio	IV	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	Banano	6,34
Medio	IV	<i>Coffea arabica</i> L.	Café	5,21
Medio	IV	<i>Vasconcellea stipulata</i> (V.M. Badillo) V.M Badillo.	Toronche	3,98
Medio	V	<i>Cupania americana</i> L.	Guabo blanco	114,19
Medio	V	<i>Inga oerstediana</i> Benth	Guabo musgo	30,82
Medio	V	<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schltl.	Pico pico	15,84
Medio	V	<i>Coffea arabica</i> L.	Café	7,54
Medio	V	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	Banano	3,08
Medio	VI	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don	Arabisco	54,82
Medio	VI	<i>Cupania americana</i> L.	Guabo blanco	37,63
Medio	VI	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	Banano	9,15
Medio	VI	<i>Coffea arabica</i> L.	Café	8,07
Medio	VI	<i>Inga oerstediana</i> Benth	Guabo musgo	7,86

Anexo 4. Contenido de carbono almacenado por la biomasa arbórea viva en las distintas parcelas de los SAF de café de los dos pisos altitudinales

PARCELA I

COORDENADAS (UTM): 651211 E; 9566077 N; 1209,2 msnm

N° Parcela	N°	N. Común	Familia	N. Científico	CAP (cm)	DAP (cm)	BA (kg/árbol)	BAVT (t/ha)	CBA (tC/ha)
	1	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	4,00	1,27	0,46	0,05	0,02
	2	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	15,20	4,84	7,27	0,73	0,36
	3	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	3,80	1,21	0,42	0,04	0,02
	4	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	11,90	3,79	4,39	0,44	0,22
	5	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	12,10	3,85	4,54	0,45	0,23
	6	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	9,30	2,96	2,64	0,26	0,13
	7	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	10,60	3,37	3,46	0,35	0,17
	8	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	10,40	3,31	3,32	0,33	0,17
	9	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	5,90	1,88	1,03	0,10	0,05
	10	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	8,20	2,61	2,04	0,20	0,10
	11	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	15,50	4,93	7,57	0,76	0,38
	12	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,20	2,29	1,56	0,16	0,08
	13	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	5,30	1,69	0,83	0,08	0,04
	14	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	6,40	2,04	1,22	0,12	0,06
	15	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	4,40	1,40	0,56	0,06	0,03
	16	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	13,20	4,20	5,44	0,54	0,27
	17	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	10,30	3,28	3,26	0,33	0,16
I	18	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	13,50	4,30	5,69	0,57	0,28
	19	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	13,80	4,39	5,96	0,60	0,30
	20	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	8,00	2,55	1,93	0,19	0,10
	21	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	3,40	1,08	0,33	0,03	0,02
	22	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	15,30	4,87	7,37	0,74	0,37
	23	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	13,90	4,42	6,05	0,60	0,30
	24	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	3,40	1,08	0,33	0,03	0,02
	25	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	3,30	1,05	0,31	0,03	0,02
	26	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	8,60	2,74	2,25	0,22	0,11
	27	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	4,40	1,40	0,56	0,06	0,03
	28	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	13,40	4,27	5,61	0,56	0,28
	29	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	5,90	1,88	1,03	0,10	0,05
	30	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	8,10	2,58	1,98	0,20	0,10
	31	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	4,20	1,34	0,51	0,05	0,03
	32	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	5,40	1,72	0,86	0,09	0,04
	33	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	4,50	1,43	0,59	0,06	0,03
	34	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	3,60	1,15	0,37	0,04	0,02
	35	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	19,60	6,24	12,29	1,23	0,61

36	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	5,20	1,66	0,80	0,08	0,04
37	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	6,80	2,16	1,38	0,14	0,07
38	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,30	2,32	1,60	0,16	0,08
39	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	8,40	2,67	2,14	0,21	0,11
40	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,40	2,36	1,65	0,16	0,08
41	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	10,60	3,37	3,46	0,35	0,17
42	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	10,20	3,25	3,19	0,32	0,16
43	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	4,20	1,34	0,51	0,05	0,03
44	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	4,70	1,50	0,65	0,06	0,03
45	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	9,00	2,86	2,47	0,25	0,12
46	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	10,00	3,18	3,07	0,31	0,15
47	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	6,20	1,97	1,14	0,11	0,06
48	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,00	2,23	1,47	0,15	0,07
49	Arabisco	Bignoniaceae	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	57,60	18,33	185,97	18,60	9,30
50	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	55,80	17,76	14,08	1,41	0,70
51	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	20,20	6,43	1,61	0,16	0,08
52	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	37,10	11,81	5,89	0,59	0,29
53	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	64,90	20,66	19,43	1,94	0,97
54	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	30,90	9,84	3,99	0,40	0,20
55	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	32,30	10,28	4,38	0,44	0,22
56	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	30,50	9,71	3,88	0,39	0,19
57	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	20,40	6,49	1,64	0,16	0,08
58	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	21,00	6,68	1,75	0,17	0,09
59	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	23,90	7,61	2,30	0,23	0,12
60	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	42,50	13,53	7,87	0,79	0,39
61	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	25,80	8,21	2,71	0,27	0,14
62	Guabo machetón	Fabaceae	<i>Inga spectabilis</i> (Vahl) Willd.	80,20	25,53	429,66	42,97	21,48
63	Guabo machetón	Fabaceae	<i>Inga spectabilis</i> (Vahl) Willd.	58,60	18,65	194,24	19,42	9,71
64	Guabo machetón	Fabaceae	<i>Inga spectabilis</i> (Vahl) Willd.	94,20	29,98	645,52	64,55	32,28
65	Guabo machetón	Fabaceae	<i>Inga spectabilis</i> (Vahl) Willd.	17,40	5,54	9,00	0,90	0,45
66	Cano cano	Fabaceae	<i>Albizia multiflora</i> (Kunth) Barneby & J.W.Grimes	64,20	20,44	244,70	24,47	12,23
67	Cano cano	Fabaceae	<i>Albizia multiflora</i> (Kunth) Barneby & J.W.Grimes	72,30	23,01	330,51	33,05	16,53
68	Cano cano	Fabaceae	<i>Albizia multiflora</i> (Kunth) Barneby & J.W.Grimes	65,50	20,85	257,43	25,74	12,87
69	Cano cano	Fabaceae	<i>Albizia multiflora</i> (Kunth) Barneby & J.W.Grimes	42,10	13,40	84,14	8,41	4,21
<b>Suma</b>							<b>257,82</b>	<b>128,91</b>

Circunferencia Altura del Pecho (CAP); Diámetro Altura del Pecho (DAP); Biomasa de los árboles (BA); Biomasa de árboles vivos (BAVT); Carbono en biomasa arbórea viva (CBA)



PARCELA II

COORDENADAS (UTM): 651184 E; 9566064 N; 1202,3 msnm

N° Parcela	N°	N. Común	Familia	N. Científico	CAP (cm)	DAP (cm)	BA (kg/árbol)	BAVT (t/ha)	CBA (tC/ha)
	1	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	6,10	1,94	1,11	0,11	0,06
	2	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,70	2,45	1,79	0,18	0,09
	3	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	8,10	2,58	1,98	0,20	0,10
	4	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	9,10	2,90	2,52	0,25	0,13
	5	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,80	2,48	1,84	0,18	0,09
	6	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	15,70	5,00	7,78	0,78	0,39
	7	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,40	2,36	1,65	0,16	0,08
	8	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	17,00	5,41	9,16	0,92	0,46
	9	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,40	2,36	1,65	0,16	0,08
	10	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	9,80	3,12	2,94	0,29	0,15
	11	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,40	2,36	1,65	0,16	0,08
	12	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	17,20	5,47	9,39	0,94	0,47
	13	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	5,60	1,78	0,93	0,09	0,05
	14	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	10,40	3,31	3,32	0,33	0,17
	15	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	8,20	2,61	2,04	0,20	0,10
	16	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,00	2,23	1,47	0,15	0,07
	17	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	9,30	2,96	2,64	0,26	0,13
	18	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	4,40	1,40	0,56	0,06	0,03
	19	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,10	2,26	1,51	0,15	0,08
<b>II</b>	20	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	5,10	1,62	0,76	0,08	0,04
	21	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	12,70	4,04	5,02	0,50	0,25
	22	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	8,60	2,74	2,25	0,22	0,11
	23	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	4,90	1,56	0,70	0,07	0,04
	24	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	5,20	1,66	0,80	0,08	0,04
	25	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	9,80	3,12	2,94	0,29	0,15
	26	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	10,20	3,25	3,19	0,32	0,16
	27	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	22,20	7,07	15,89	1,59	0,79
	28	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	6,70	2,13	1,34	0,13	0,07
	29	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	4,60	1,46	0,62	0,06	0,03
	30	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	4,50	1,43	0,59	0,06	0,03
	31	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	12,80	4,07	5,10	0,51	0,26
	32	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	6,20	1,97	1,14	0,11	0,06
	33	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	4,90	1,56	0,70	0,07	0,04
	34	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	15,60	4,97	7,67	0,77	0,38
	35	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	17,00	5,41	9,16	0,92	0,46
	36	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,50	2,39	1,69	0,17	0,08
	37	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	21,60	6,88	15,02	1,50	0,75
	38	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	5,60	1,78	0,93	0,09	0,05
	39	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	8,90	2,83	2,41	0,24	0,12

40	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	12,80	4,07	5,10	0,51	0,26
41	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	9,20	2,93	2,58	0,26	0,13
42	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	11,90	3,79	4,39	0,44	0,22
43	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,50	2,39	1,69	0,17	0,08
44	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	12,90	4,11	5,18	0,52	0,26
45	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,00	2,23	1,47	0,15	0,07
46	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	21,90	6,97	15,45	1,55	0,77
47	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	12,00	3,82	4,47	0,45	0,22
48	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	11,00	3,50	3,73	0,37	0,19
49	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	10,40	3,31	3,32	0,33	0,17
50	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	8,30	2,64	2,09	0,21	0,10
51	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	6,00	1,91	1,07	0,11	0,05
52	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,80	2,48	1,84	0,18	0,09
53	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	8,00	2,55	1,93	0,19	0,10
54	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	6,00	1,91	1,07	0,11	0,05
55	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	21,00	6,68	14,17	1,42	0,71
56	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	15,00	4,77	7,08	0,71	0,35
57	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	13,00	4,14	5,27	0,53	0,26
58	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	30,60	9,74	3,90	0,39	0,20
59	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	43,00	13,69	8,07	0,81	0,40
60	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	48,20	15,34	10,30	1,03	0,51
61	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	47,90	15,25	10,16	1,02	0,51
62	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	35,00	11,14	5,20	0,52	0,26
63	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	22,00	7,00	1,93	0,19	0,10
64	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	36,00	11,46	5,52	0,55	0,28
65	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	28,20	8,98	3,28	0,33	0,16
66	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	53,30	16,97	12,76	1,28	0,64
67	Chaya	Euphorbiaceae	<i>Cnidocolus aconitifolius</i> (Mill.) I.M.Johnst	51,90	16,52	142,87	14,29	7,14
68	Chaya	Euphorbiaceae	<i>Cnidocolus aconitifolius</i> (Mill.) I.M.Johnst	63,00	20,05	233,29	23,33	11,66
69	Guabo machetón	Fabaceae	<i>Inga spectabilis</i> (Vahl) Willd.	55,10	17,54	166,22	16,62	8,31
70	Guabo machetón	Fabaceae	<i>Inga spectabilis</i> (Vahl) Willd.	63,90	20,34	241,81	24,18	12,09
71	Maco maco	Primulaceae	<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	17,20	5,47	8,74	0,87	0,44
72	Pomarroso	Myrtaceae	<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	25,10	7,99	22,74	2,27	1,14
73	Porotillo	Fabaceae	<i>Erythrina velutina</i> Willd.	84,50	26,90	490,35	49,04	24,52
<b>Suma</b>							<b>158,29</b>	<b>79,14</b>

Circunferencia Altura del Pecho (CAP); Diámetro Altura del Pecho (DAP); Biomasa de los árboles (BA); Biomasa de árboles vivos (BAVT); Carbono en biomasa arbórea viva (CBA)

PARCELA III

COORDENADAS (UTM): 651161 E; 9566042 N; 1201,5 msnm

N° Parcela	N°	N. Común	Familia	N. Científico	CAP (cm)	DAP (cm)	BA (kg/árbol)	BAVT (t/ha)	CBA (tC/ha)
	1	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	3,80	1,21	0,42	0,04	0,02
	2	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	12,20	3,88	4,62	0,46	0,23
	3	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	8,30	2,64	2,09	0,21	0,10
	4	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	12,00	3,82	4,47	0,45	0,22
	5	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	4,40	1,40	0,56	0,06	0,03
	6	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	4,20	1,34	0,51	0,05	0,03
	7	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	9,60	3,06	2,82	0,28	0,14
	8	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,80	2,48	1,84	0,18	0,09
	9	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	9,00	2,86	2,47	0,25	0,12
	10	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	10,20	3,25	3,19	0,32	0,16
	11	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	6,20	1,97	1,14	0,11	0,06
	12	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	4,60	1,46	0,62	0,06	0,03
	13	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	5,80	1,85	1,00	0,10	0,05
	14	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	4,90	1,56	0,70	0,07	0,04
	15	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	4,20	1,34	0,51	0,05	0,03
	16	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	12,90	4,11	5,18	0,52	0,26
	17	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	8,20	2,61	2,04	0,20	0,10
	18	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	10,50	3,34	3,39	0,34	0,17
	19	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	10,80	3,44	3,59	0,36	0,18
	20	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	10,10	3,21	3,13	0,31	0,16
III	21	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	5,30	1,69	0,83	0,08	0,04
	22	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	5,70	1,81	0,96	0,10	0,05
	23	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	6,60	2,10	1,30	0,13	0,07
	24	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	6,00	1,91	1,07	0,11	0,05
	25	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	9,40	2,99	2,70	0,27	0,13
	26	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	13,70	4,36	5,87	0,59	0,29
	27	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	38,20	12,16	48,71	4,87	2,44
	28	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	10,40	3,31	3,32	0,33	0,17
	29	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	5,00	1,59	0,73	0,07	0,04
	30	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	6,80	2,16	1,38	0,14	0,07
	31	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	8,20	2,61	2,04	0,20	0,10
	32	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	11,20	3,57	3,87	0,39	0,19
	33	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,50	2,39	1,69	0,17	0,08
	34	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	12,00	3,82	4,47	0,45	0,22
	35	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,00	2,23	1,47	0,15	0,07
	36	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	6,50	2,07	1,26	0,13	0,06
	37	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	6,30	2,01	1,18	0,12	0,06
	38	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	27,40	8,72	24,54	2,45	1,23
	39	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	12,00	3,82	4,47	0,45	0,22
	40	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	6,00	1,91	1,07	0,11	0,05
	41	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	11,80	3,76	4,31	0,43	0,22
	42	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,80	2,48	1,84	0,18	0,09

43	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,10	2,26	1,51	0,15	0,08	
44	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	27,50	8,75	24,72	2,47	1,24	
45	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	5,20	1,66	0,80	0,08	0,04	
46	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	11,70	3,72	4,24	0,42	0,21	
47	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,50	2,39	1,69	0,17	0,08	
48	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	12,10	3,85	4,54	0,45	0,23	
49	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	10,60	3,37	3,46	0,35	0,17	
50	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	14,60	4,65	6,69	0,67	0,33	
51	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	10,40	3,31	3,32	0,33	0,17	
52	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	6,60	2,10	1,30	0,13	0,07	
53	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,70	2,45	1,79	0,18	0,09	
54	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	8,40	2,67	2,14	0,21	0,11	
55	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	10,30	3,28	3,26	0,33	0,16	
56	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	8,70	2,77	2,30	0,23	0,11	
57	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	16,90	5,38	9,05	0,91	0,45	
58	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,00	2,23	1,47	0,15	0,07	
59	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	14,70	4,68	6,79	0,68	0,34	
60	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	12,00	3,82	4,47	0,45	0,22	
61	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	12,10	3,85	4,54	0,45	0,23	
62	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	6,90	2,20	1,43	0,14	0,07	
63	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	9,00	2,86	2,47	0,25	0,12	
64	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	8,30	2,64	2,09	0,21	0,10	
65	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	8,00	2,55	1,93	0,19	0,10	
66	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	9,50	3,02	2,76	0,28	0,14	
67	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	36,60	11,65	44,59	4,46	2,23	
68	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	15,00	4,77	7,08	0,71	0,35	
69	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	29,80	9,49	29,18	2,92	1,46	
70	Cano cano	Fabaceae	<i>Albizia multiflora</i> (Kunth) Barneby & J.W.Grimes	92,60	29,48	618,14	61,81	30,91	
71	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	28,00	8,91	3,23	0,32	0,16	
72	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	54,10	17,22	13,18	1,32	0,66	
73	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	43,30	13,78	8,19	0,82	0,41	
74	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	58,40	18,59	15,51	1,55	0,78	
75	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	26,10	8,31	2,78	0,28	0,14	
76	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	37,70	12,00	6,10	0,61	0,30	
77	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	37,50	11,94	6,03	0,60	0,30	
78	Guabo machetón	Fabaceae	<i>Inga spectabilis</i> (Vahl) Willd.	80,00	25,46	426,95	42,70	21,35	
79	Guabo machetón	Fabaceae	<i>Inga spectabilis</i> (Vahl) Willd.	86,40	27,50	518,73	51,87	25,94	
80	Guabo machetón	Fabaceae	<i>Inga spectabilis</i> (Vahl) Willd.	73,70	23,46	346,94	34,69	17,35	
81	Maco maco	Primulaceae	<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	89,50	28,49	567,12	56,71	28,36	
82	Papayo	Caricaceae	<i>Carica papaya</i> L.	25,80	8,21	24,38	2,44	1,22	
83	Papayo	Caricaceae	<i>Carica papaya</i> L.	38,50	12,25	67,11	6,71	3,36	
<b>Suma</b>							<b>296,73</b>	<b>148,37</b>	

Circunferencia Altura del Pecho (CAP); Diámetro Altura del Pecho (DAP); Biomasa de los árboles (BA); Biomasa de árboles vivos (BAVT); Carbono en biomasa arbórea viva (CBA)

PARCELA IV

COORDENADAS (UTM): 647588 E; 9565205 N; 1730,4 msnm

N° Parcela	N°	N. Común	Familia	N. Científico	CAP (cm)	DAP (cm)	BA (kg/árbol)	BAVT (t/ha)	CBA (tC/ha)
	1	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	8,70	2,77	2,30	0,23	0,11
	2	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	6,30	2,01	1,18	0,12	0,06
	3	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	4,50	1,43	0,59	0,06	0,03
	4	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	5,00	1,59	0,73	0,07	0,04
	5	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	12,20	3,88	4,62	0,46	0,23
	6	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	9,40	2,99	2,70	0,27	0,13
	7	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	8,40	2,67	2,14	0,21	0,11
	8	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	9,00	2,86	2,47	0,25	0,12
	9	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,50	2,39	1,69	0,17	0,08
	10	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	17,50	5,57	9,73	0,97	0,49
	11	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	6,20	1,97	1,14	0,11	0,06
	12	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	5,20	1,66	0,80	0,08	0,04
	13	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,00	2,23	1,47	0,15	0,07
	14	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	18,00	5,73	10,31	1,03	0,52
	15	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	16,00	5,09	8,09	0,81	0,40
	16	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	10,20	3,25	3,19	0,32	0,16
	17	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	11,60	3,69	4,16	0,42	0,21
IV	18	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	9,70	3,09	2,88	0,29	0,14
	19	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	20,20	6,43	13,08	1,31	0,65
	20	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,20	2,29	1,56	0,16	0,08
	21	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	5,20	1,66	0,80	0,08	0,04
	22	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	8,30	2,64	2,09	0,21	0,10
	23	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	10,40	3,31	3,32	0,33	0,17
	24	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,90	2,51	1,88	0,19	0,09
	25	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	8,60	2,74	2,25	0,22	0,11
	26	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	3,60	1,15	0,37	0,04	0,02
	27	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	9,20	2,93	2,58	0,26	0,13
	28	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	6,50	2,07	1,26	0,13	0,06
	29	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	11,00	3,50	3,73	0,37	0,19
	30	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	9,00	2,86	2,47	0,25	0,12
	31	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	3,50	1,11	0,35	0,04	0,02
	32	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,20	2,29	1,56	0,16	0,08
	33	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	5,20	1,66	0,80	0,08	0,04
	34	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	8,00	2,55	1,93	0,19	0,10
	35	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	8,30	2,64	2,09	0,21	0,10
	36	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	5,60	1,78	0,93	0,09	0,05

37	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	3,10	0,99	0,27	0,03	0,01	
38	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	3,00	0,95	0,26	0,03	0,01	
39	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	4,10	1,31	0,49	0,05	0,02	
40	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	40,00	12,73	6,92	0,69	0,35	
41	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	56,70	18,05	14,56	1,46	0,73	
42	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	36,20	11,52	5,59	0,56	0,28	
43	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	57,00	18,14	14,73	1,47	0,74	
44	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	42,00	13,37	7,68	0,77	0,38	
45	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	40,20	12,80	6,99	0,70	0,35	
46	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	37,80	12,03	6,13	0,61	0,31	
47	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	48,20	15,34	10,30	1,03	0,51	
48	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	32,30	10,28	4,38	0,44	0,22	
49	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	47,00	14,96	9,76	0,98	0,49	
50	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	37,00	11,78	5,86	0,59	0,29	
51	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	32,40	10,31	4,41	0,44	0,22	
52	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	45,30	14,42	9,02	0,90	0,45	
53	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	49,00	15,60	10,67	1,07	0,53	
54	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	47,20	15,02	9,85	0,98	0,49	
55	Naranja agrio	Rutaceae	<i>Citrus x aurantium</i> L.	58,00	18,46	189,25	18,92	9,46	
56	Toronche	Caricaceae	<i>Vasconcellea stipulata</i> (V.M. Badillo) V.M Badillo.	41,20	13,11	79,66	7,97	3,98	
57	Nogal	Juglandaceae	<i>Juglans neotropica</i> Diels	82,60	26,29	462,94	46,29	23,15	
58	Cedro	Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> L.	92,10	29,32	609,73	60,97	30,49	
59	Eucalipto	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	93,00	29,60	624,92	62,49	31,25	
<b>Suma</b>							<b>219,76</b>	<b>109,88</b>	

Circunferencia Altura del Pecho (CAP); Diámetro Altura del Pecho (DAP); Biomasa de los árboles (BA); Biomasa de árboles vivos (BAVT); Carbono en biomasa arbórea viva (CBA)

PARCELA V

COORDENADAS (UTM): 647617 E; 9565201 N; 1717,1 msnm

N° Parcela	N°	N. Común	Familia	N. Científico	CAP (cm)	DAP (cm)	BA (kg/árbol)	BAVT (t/ha)	CBA (tC/ha)
	1	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	6,00	1,91	1,07	0,11	0,05
	2	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	3,90	1,24	0,44	0,04	0,02
	3	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	6,80	2,16	1,38	0,14	0,07
	4	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	3,40	1,08	0,33	0,03	0,02
	5	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	13,00	4,14	5,27	0,53	0,26
	6	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	4,00	1,27	0,46	0,05	0,02
	7	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	12,70	4,04	5,02	0,50	0,25
	8	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	10,80	3,44	3,59	0,36	0,18
	9	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	6,20	1,97	1,14	0,11	0,06
	10	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	21,20	6,75	14,45	1,45	0,72
	11	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	19,00	6,05	11,53	1,15	0,58
	12	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,00	2,23	1,47	0,15	0,07
	13	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	15,00	4,77	7,08	0,71	0,35
	14	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	13,20	4,20	5,44	0,54	0,27
	15	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	15,20	4,84	7,27	0,73	0,36
	16	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	3,50	1,11	0,35	0,04	0,02
	17	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	3,40	1,08	0,33	0,03	0,02
	18	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,60	2,42	1,74	0,17	0,09
	19	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,10	2,26	1,51	0,15	0,08
	20	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,60	2,42	1,74	0,17	0,09
V	21	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	5,00	1,59	0,73	0,07	0,04
	22	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	16,50	5,25	8,62	0,86	0,43
	23	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	16,40	5,22	8,51	0,85	0,43
	24	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	5,50	1,75	0,89	0,09	0,04
	25	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	6,50	2,07	1,26	0,13	0,06
	26	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	10,00	3,18	3,07	0,31	0,15
	27	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,00	2,23	1,47	0,15	0,07
	28	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	3,00	0,95	0,26	0,03	0,01
	29	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	4,40	1,40	0,56	0,06	0,03
	30	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	3,80	1,21	0,42	0,04	0,02
	31	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	3,50	1,11	0,35	0,04	0,02
	32	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	14,50	4,62	6,60	0,66	0,33
	33	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	3,40	1,08	0,33	0,03	0,02
	34	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	3,60	1,15	0,37	0,04	0,02
	35	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	4,00	1,27	0,46	0,05	0,02
	36	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	12,00	3,82	4,47	0,45	0,22
	37	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	11,00	3,50	3,73	0,37	0,19
	38	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	3,60	1,15	0,37	0,04	0,02
	39	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	3,50	1,11	0,35	0,04	0,02
	40	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	3,10	0,99	0,27	0,03	0,01
	41	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	4,00	1,27	0,46	0,05	0,02

42	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	11,50	3,66	4,09	0,41	0,20
43	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	14,00	4,46	6,14	0,61	0,31
44	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	13,70	4,36	5,87	0,59	0,29
45	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,00	2,23	1,47	0,15	0,07
46	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,60	2,42	1,74	0,17	0,09
47	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	10,50	3,34	3,39	0,34	0,17
48	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,40	2,36	1,65	0,16	0,08
49	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	12,40	3,95	4,78	0,48	0,24
50	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	9,70	3,09	2,88	0,29	0,14
51	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	11,00	3,50	3,73	0,37	0,19
52	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	30,00	9,55	3,74	0,37	0,19
53	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	41,70	13,27	7,56	0,76	0,38
54	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	46,00	14,64	9,32	0,93	0,47
55	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	39,00	12,41	6,55	0,66	0,33
56	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	29,60	9,42	3,64	0,36	0,18
57	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	38,70	12,32	6,45	0,64	0,32
58	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	34,80	11,08	5,14	0,51	0,26
59	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	36,60	11,65	5,72	0,57	0,29
60	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	31,70	10,09	4,21	0,42	0,21
61	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	27,20	8,66	3,04	0,30	0,15
62	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	25,00	7,96	2,54	0,25	0,13
63	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	30,00	9,55	3,74	0,37	0,19
64	Guabo blanco	Sapindaceae	<i>Cupania americana</i> L.	81,40	25,91	446,11	44,61	22,31
65	Guabo blanco	Sapindaceae	<i>Cupania americana</i> L.	93,00	29,60	624,92	62,49	31,25
66	Guabo blanco	Sapindaceae	<i>Cupania americana</i> L.	87,50	27,85	535,60	53,56	26,78
67	Guabo blanco	Sapindaceae	<i>Cupania americana</i> L.	35,20	11,20	53,50	5,35	2,67
68	Guabo blanco	Sapindaceae	<i>Cupania americana</i> L.	32,00	10,19	42,03	4,20	2,10
69	Guabo blanco	Sapindaceae	<i>Cupania americana</i> L.	70,40	22,41	308,97	30,90	15,45
70	Guabo blanco	Sapindaceae	<i>Cupania americana</i> L.	67,00	21,33	272,60	27,26	13,63
71	Guabo musgo	Fabaceae	<i>Inga oerstediana</i> Benth	92,50	29,44	616,45	61,65	30,82
72	Pico pico	Solanaceae	<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schltl.	62,50	19,89	228,63	22,86	11,43
73	Pico pico	Solanaceae	<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schltl.	42,90	13,66	88,24	8,82	4,41
<b>Suma</b>							<b>342,96</b>	<b>171,48</b>

Circunferencia Altura del Pecho (CAP); Diámetro Altura del Pecho (DAP); Biomasa de los árboles (BA); Biomasa de árboles vivos (BAVT); Carbono en biomasa arbórea viva (CBA)



PARCELA VI

COORDENADAS (UTM): 647652 E; 9565210 N; 1702,6 msnm

N° Parcela	N°	N. Común	Familia	N. Científico	CAP (cm)	DAP (cm)	BA (kg/árbol)	BAVT (t/ha)	CBA (tC/ha)
	1	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	8,40	2,67	2,14	0,21	0,11
	2	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	18,50	5,89	10,91	1,09	0,55
	3	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	3,60	1,15	0,37	0,04	0,02
	4	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	9,40	2,99	2,70	0,27	0,13
	5	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	12,30	3,92	4,70	0,47	0,23
	6	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	16,00	5,09	8,09	0,81	0,40
	7	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,20	2,29	1,56	0,16	0,08
	8	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	17,80	5,67	10,07	1,01	0,50
	9	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	15,30	4,87	7,37	0,74	0,37
	10	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	11,70	3,72	4,24	0,42	0,21
	11	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	8,50	2,71	2,19	0,22	0,11
	12	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	15,20	4,84	7,27	0,73	0,36
	13	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	9,40	2,99	2,70	0,27	0,13
	14	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	9,10	2,90	2,52	0,25	0,13
	15	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	18,40	5,86	10,79	1,08	0,54
	16	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	12,80	4,07	5,10	0,51	0,26
	17	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	13,00	4,14	5,27	0,53	0,26
	18	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	9,00	2,86	2,47	0,25	0,12
	19	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	14,00	4,46	6,14	0,61	0,31
	20	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	10,90	3,47	3,66	0,37	0,18
VI	21	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	8,50	2,71	2,19	0,22	0,11
	22	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	5,20	1,66	0,80	0,08	0,04
	23	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	5,50	1,75	0,89	0,09	0,04
	24	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	5,70	1,81	0,96	0,10	0,05
	25	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	14,50	4,62	6,60	0,66	0,33
	26	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	5,20	1,66	0,80	0,08	0,04
	27	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,90	2,51	1,88	0,19	0,09
	28	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	7,50	2,39	1,69	0,17	0,08
	29	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	8,50	2,71	2,19	0,22	0,11
	30	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	15,20	4,84	7,27	0,73	0,36
	31	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	4,50	1,43	0,59	0,06	0,03
	32	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	4,70	1,50	0,65	0,06	0,03
	33	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	10,60	3,37	3,46	0,35	0,17
	34	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	9,40	2,99	2,70	0,27	0,13
	35	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	15,10	4,81	7,17	0,72	0,36
	36	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	3,60	1,15	0,37	0,04	0,02
	37	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	3,40	1,08	0,33	0,03	0,02
	38	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	3,50	1,11	0,35	0,04	0,02
	39	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	13,00	4,14	5,27	0,53	0,26
	40	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	16,00	5,09	8,09	0,81	0,40
	41	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	8,20	2,61	2,04	0,20	0,10
	42	Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	12,50	3,98	4,86	0,49	0,24

43	Arabisco	Bignoniaceae	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don	27,00	8,59	27,35	2,73	1,37	
44	Arabisco	Bignoniaceae	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don	94,00	29,92	642,06	64,21	32,10	
45	Arabisco	Bignoniaceae	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don	80,00	25,46	426,95	42,70	21,35	
46	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	34,80	11,08	5,14	0,51	0,26	
47	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	38,80	12,35	6,48	0,65	0,32	
48	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	41,00	13,05	7,29	0,73	0,36	
49	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	41,30	13,15	7,40	0,74	0,37	
50	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	35,90	11,43	5,49	0,55	0,27	
51	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	32,20	10,25	4,35	0,44	0,22	
52	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	34,50	10,98	5,04	0,50	0,25	
53	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	41,00	13,05	7,29	0,73	0,36	
54	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	34,00	10,82	4,89	0,49	0,24	
55	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	25,00	7,96	2,54	0,25	0,13	
56	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	30,50	9,71	3,88	0,39	0,19	
57	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	35,40	11,27	5,33	0,53	0,27	
58	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	40,40	12,86	7,06	0,71	0,35	
59	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	47,40	15,09	9,94	0,99	0,50	
60	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	47,20	15,02	9,85	0,98	0,49	
61	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	34,80	11,08	5,14	0,51	0,26	
62	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	29,40	9,36	3,58	0,36	0,18	
63	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	32,50	10,35	4,44	0,44	0,22	
64	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	31,00	9,87	4,01	0,40	0,20	
65	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	43,20	13,75	8,15	0,82	0,41	
66	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	38,20	12,16	6,27	0,63	0,31	
67	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	44,50	14,16	8,68	0,87	0,43	
68	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	37,20	11,84	5,92	0,59	0,30	
69	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	41,20	13,11	7,37	0,74	0,37	
70	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	45,00	14,32	8,89	0,89	0,44	
71	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	34,00	10,82	4,89	0,49	0,24	
72	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	37,00	11,78	5,86	0,59	0,29	
73	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	42,80	13,62	7,99	0,80	0,40	
74	Banano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	47,00	14,96	9,76	0,98	0,49	
75	Guabo blanco	Sapindaceae	<i>Cupania americana</i> L.	52,50	16,71	147,08	14,71	7,35	
76	Guabo blanco	Sapindaceae	<i>Cupania americana</i> L.	71,70	22,82	323,61	32,36	16,18	
77	Guabo blanco	Sapindaceae	<i>Cupania americana</i> L.	67,90	21,61	281,96	28,20	14,10	
78	Guabo musgo	Fabaceae	<i>Inga oerstediana</i> Benth	53,90	17,16	157,21	15,72	7,86	
<b>Suma</b>							<b>235,06</b>	<b>117,53</b>	

Circunferencia Altura del Pecho (CAP); Diámetro Altura del Pecho (DAP); Biomasa de los árboles (BA); Biomasa de árboles vivos (BAVT); Carbono en biomasa arbórea viva (CBA)

Anexo 5. Contenido de carbono almacenado por la necromasa en las distintas parcelas de los SAF de café de los dos pisos altitudinales

Piso altitudinal	N° Parcela	N° de cuadrante 0,25m <sup>2</sup>	Código	Coordenadas UTM		Peso húmedo muestra (g)	Peso seco muestra (g)	Peso Húmedo total del área (kg/0,25m <sup>2</sup> )	biomasa necromasa (t/ha)	CN por parcelas (tC/ha)	CN (tC/ha)
				Norte	Este						
BAJO	I	1	NPBP1C1M1	651218	9566075	200,00	134,80	0,498	13,43	6,71	6,03
		2	NPBP1C2M2	651206	9566078	200,00	133,50	0,400	10,68	5,34	
	II	1	NPBP2C1M3	651188	9566062	200,00	126,60	0,275	6,96	3,48	4,18
		2	NPBP2C2M4	651180	9566064	200,00	161,60	0,302	9,76	4,88	
	III	1	NPBP3C1M5	651163	9566041	200,00	127,60	0,550	14,04	7,02	6,71
		2	NPBP3C2M6	651151	9566045	200,00	115,20	0,555	12,79	6,39	
<b>Promedio</b>											<b>5,64</b>
MEDIO	IV	1	NPMP4C1M7	647580	9565199	200,00	96,50	0,290	5,60	2,80	3,03
		2	NPMP4C2M8	647591	9565197	200,00	110,40	0,295	6,51	3,26	
	V	1	NPMP5C1M9	647610	9565203	200,00	126,50	0,450	11,39	5,69	6,08
		2	NPMP5C2M10	647628	9565198	200,00	130,80	0,495	12,95	6,47	
	VI	1	NPMP6C1M11	647640	9565213	200,00	137,50	0,525	14,44	7,22	7,29
		2	NPMP6C2M12	647659	9565209	200,00	108,20	0,680	14,72	7,36	
<b>Promedio</b>											<b>5,47</b>

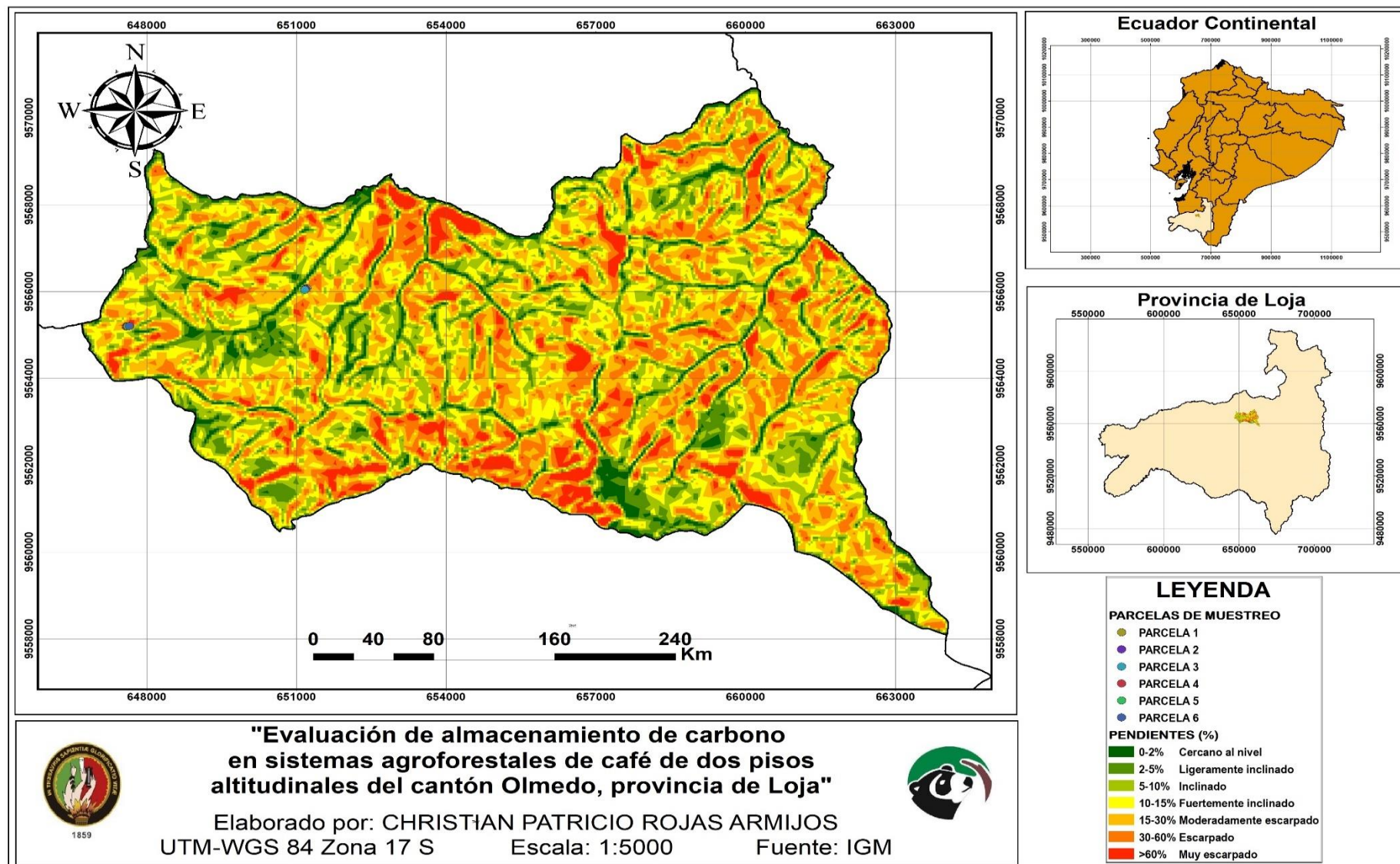
Carbono almacenado en la Necromasa (CN).

Anexo 6. Contenido de carbono almacenado por el suelo en las distintas parcelas de los SAF de café de los dos pisos altitudinales

Piso altitudinal	N° Parcela	N° cuadrante	Código	Coordenadas UTM		MO (%)	DA (g/cm <sup>3</sup> )	Profundidad de la muestra (m)	Peso del volumen del suelo	Carbono (%)	COS por cuadrante (tC/h)	COS (tC/h)
				Norte	Este							
BAJO	I	1	SPBP1C1M1	651218	9566075	5,91	1,15	0,30	3450,00	3,11	107,30	97,15
		2	SPBP1C2M2	651206	9566078	4,74	1,16	0,30	3480,00	2,50	87,00	
	II	1	SPBP2C1M3	651188	9566062	4,21	1,24	0,30	3720,00	2,22	82,58	83,50
		2	SPBP2C2M4	651180	9566064	4,98	1,07	0,30	3210,00	2,63	84,42	
	III	1	SPBP3C1M5	651163	9566041	6,68	1,18	0,30	3540,00	3,52	124,61	117,29
		2	SPBP3C2M6	651151	9566045	5,99	1,16	0,30	3480,00	3,16	109,97	
<b>Promedio</b>											<b>99,31</b>	
MEDIO	IV	1	SPMP4C1M7	647580	9565199	4,30	1,10	0,30	3300,00	2,27	74,91	105,23
		2	SPMP4C2M8	647591	9565197	8,40	1,02	0,30	3060,00	4,43	135,56	
	V	1	SPMP5C1M9	647610	9565203	4,46	1,12	0,30	3360,00	2,35	78,96	119,65
		2	SPMP5C2M10	647628	9565198	9,93	1,02	0,30	3060,00	5,24	160,34	
	VI	1	SPMP6C1M11	647640	9565213	7,38	1,06	0,30	3180,00	3,89	123,70	146,39
		2	SPMP6C2M12	647659	9565209	10,59	1,01	0,30	3030,00	5,58	169,07	
<b>Promedio</b>											<b>123,76</b>	

Materia Orgánica (MO); Densidad Aparente (DA); Carbono Orgánico en el suelo (COS).

Anexo 7. Mapa de pendientes del cantón Olmedo



**CERTIFICACIÓN DE TRADUCCIÓN DEL RESUMEN (ABSTRACT)**

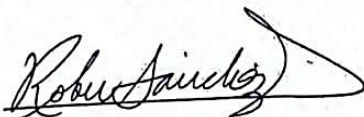
Loja, 17 de abril de 2023

Dr. Róber de Jesús Sánchez, MSc.  
**EFL Teacher**

**Certifico:**

Que he traducido minuciosamente el Resumen del Trabajo de Titulación titulado: **“Evaluación de almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de café de dos pisos altitudinales del cantón Olmedo, provincia de Loja”** de autoría del señor **Christian Patricio Rojas Armijos**, egresado de la Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente en la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, previa a la obtención del título de Ingeniero en Manejo y Conservación del Medio Ambiente.

Es todo lo que puedo certificar en honor a la verdad, autorizando al interesado hacer uso del presente en lo que estime conveniente.



Dr. Róber de Jesús Sánchez A. MSc.  
**EFL Teacher**

CI: 1102523048  
Celular: 0960256707